

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
LVIV NATIONAL ENVIRONMENTAL UNIVERSITY**

ITEA

Information technologies in energy & agroindustrial complex



**"INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENERGY
AND AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX"**

CONFERENCE MATERIALS

XIth International Scientific Conference

October 4-6, 2022
LVIV 2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА
АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ**

**МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ
ХІ-тої міжнародної наукової конференції**

4-6 жовтня 2022 р.

ЛЬВІВ 2022

УДК: 004.9:[631+620.9]

Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали XI Міжнар. наук. конференції (Львів, 04-06 жовтня 2022 р.) / ЛНУП : За заг. ред. В. В. Снітинського. Львів : ЛНУП, 2022. 80 с.

У збірнику представлені матеріали міжнародної наукової конференції за результатами досліджень щодо використання інформаційних технологій в енергетичному секторі та в агропромисловому комплексі.

Матеріали призначені для наукових співробітників, викладачів, студентів й аспірантів вищих навчальних закладів, фахівців аграрних формувань різної організаційно-правової форми.

Відповідальність за зміст наданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори.

Матеріали видані в авторській редакції.

SCIENTIFIC COMMITTEE OF THE CONFERENCE

V. Snitynskiy, honorary chairman

Co-chairs:

V. Boyarchuk, Lviv National Environmental University, Ukraine

M. Medykovskyy, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Committee members:

T. Nurek, Warsaw University of Life Sciences, Poland

A. Chochowski, Warsaw University of Life Sciences, Poland

B. Drozd, Warsaw University of Life Sciences, Poland

S. Sosnowski – President of the Higher School of Engineering and Economics in Rzeszow, Poland

S. Kurpaska, Hugo Kollantai Agricultural University of Cracow, Poland

T. Jakubowski, Hugo Kollantai Agricultural University of Cracow, Poland

R. Konieczny, Academy of Jakub from Paradyż, Poland

A. Tomporowski, University of Technology and Natural Sciences, Poland

A. Radomska-Zalas, Academy of Jakub from Paradyż, Poland

J. Padgurskas, Vytautas Magnus University, Lithuania

G. Wałowski, Institute of Technology and Life Sciences, Poland

Ya. Marechek, Mendel Agricultural University in Brno, Czech Republic

N. Kunanets, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

V. Golovko, National University "Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

A. Chaban, Lviv National Environmental University, Ukraine

I. Shchur, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

V. Chumakevych, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

V. Lytvynenko, Kherson National Technical University, Ukraine

CONFERENCE PROGRAM COMMITTEE

S. Kovalyshyn, chair

Co-chairs:

A. Tryhuba, Lviv National Environmental University, Ukraine

S. Syrotyuk, Lviv National Environmental University, Ukraine

Committee members:

P. Obstawski, Warsaw University of Life Sciences, Poland

M. Awtoniuk, Warsaw University of Life Sciences, Poland

J. Aleksiejuk-Gawron, Warsaw University of Life Sciences, Poland

U. Malaga-Tobola, Hugo Kollantai Agricultural University of Cracow, Poland

J. Gielżecki, Hugo Kollantai Agricultural University of Cracow, Poland

N. Shakhovska, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

V. Ptashnyk, Lviv National Environmental University, Ukraine

S. Korobka, Lviv National Environmental University, Ukraine

O. Kolesnikov, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

K. Kolesnikova, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

R. Tkachuk, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

D. Kobylkin, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

O. Zachko, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

N. Burak, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

O. Smotr, Lviv State University OF Life Safety, Ukraine

V. Pohrebennyk, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Y. Melnik, State Agrarian University of Moldova, Moldova;

E. Wojciechowska, Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Norway

V. Kozyrskiy, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

P. Kielbasa, University of Agriculture in Krakow, Poland

P. Findura, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic

V. Berzan, Institute of Power Engineering, Moldova

3MICT

Section 1

INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENERGY SYSTEMS, INCLUDING RENEWABLE SOURCES

COMPUTER SIMULATION OF A PHOTOVOLTAIC PANEL IN THE LABVIEW ENVIRONMENT

Boyarchuk V., PhD, Syrotyuk S., PhD, Korobka S., PhD, Syrotyuk V., PhD, Halchak V., PhD, Syrotyuk H., PhD, Ptashnyk V., PhD, Aleksiejuk-Gawron J., PhD, Chochowski A., DSc, Awtoniuk M., PhD, Obstawski P., DSc

8

HIGH-EFFICIENCY LAMELLA HEAT EXCHANGER SUPPLIED WITH ENVIRONMENTALLY FRIENDLY REFRIGERANT - R290

Obstawski P., DSc, Górnicki K., DSc, Winiczenko R., PhD, Janaszek-Mańkowska M., PhD., Bryś A., PhD

10

DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL OF THE DYNAMICS OF SOLAR RADIATION ON AN INCLINED SURFACE UNDER CLEAR SKY IN THE LABVIEW ENVIRONMENT

Syrotyuk S., PhD, Boyarchuk V., PhD, Korobka S., PhD, Syrotyuk V., PhD, Halchak V., PhD, Syrotyuk H., PhD, Ptashnyk V., PhD, Aleksiejuk-Gawron J., PhD, Chochowski A., DSc, Obstawski P., DSc, Awtoniuk M., PhD

12

MICRO-CHANNEL PLATE HEAT EXCHANGER SUPPLIED WITH ENVIRONMENTALLY FRIENDLY REFRIGERANT - R290

Obstawski P., DSc, Górnicki K., DSc, Winiczenko R., PhD, Janaszek-Mańkowska M., PhD., Bryś A., PhD

14

PECULIARITIES OF MODELING HEAT PUMPS IN THE LABVIEW ENVIRONMENT

Syrotyuk S., PhD, Boyarchuk V., PhD, Syrotyuk V., PhD, Korobka S., PhD, Syrotyuk H., PhD, Boltianskyi B., PhD

16

A SOLAR TIMBER DRYING SYSTEM: EXPERIMENTAL PERFORMANCE AND SYSTEM MODELING

Korobka S., PhD, Babych M., PhD, Krygul R., PhD, Syrotyuk S., PhD, Stukalets I., PhD

18

ENHANCING A MEASURING METHOD OF OUTPUT SIGNALS AND ITS IMPACT ON POSSIBILITIES OF MODELING THE DYNAMICS OF PHOTOVOLTAIC MODULES

Kurdyła J., PhD, Aleksiejuk-Gawron J., PhD, Awtoniuk M., PhD

21

PHOTOVOLTAIC CONTROL WITH ENERGY STORAGE

Gielżecki J., PhD, Brzychczyk B., PhD, Jakubowski T., DSc

23

Section 2

INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENERGY EFFICIENCY, RESOURCE AND ENERGY SAVING

MODE DECOMPOSITION PASSIVITY-BASED CONTROL OF DC DRIVE BASED ON BIDIRECTIONAL ZETA-SEPIC DC-DC CONVERTER FOR ELECTRIC VEHICLES

Shchur I., DSc, Kuzyk R.-I.

26

PARAMETERS AND STRUCTURAL MODEL OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE HYDRAULIC MOTOR

Mikhalyuk M., Ph.D.

28

Section 3

INFORMATION TECHNOLOGIES IN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Пулеко І. В., к.т.н., Чумакевич В. О., к.т.н., Пташник В. В., к.т.н., Місін А. Є. 33

APPLICATION OF A CONTROL SYSTEM FOR MICRO-INSTALLATIONS PRODUCING AGRICULTURAL BIOGAS FOR INDIVIDUAL NEEDS OF A FARM

Anders D., PhD, Dybek B., PhD, Wałowski G., DSc 35

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ

Шеремета Р.Б., к.т.н. 38

CONTROLLING THE LIGHTING PARAMETERS OF THE BIOREACTOR OF PHYTOTROPHIC CULTURES

Brzychczyk B., PhD, Gielżecki J., PhD, Jakubowski T., DSc 42

METHODOLOGY FOR FORECASTING THE RESOURCE OF DIESEL UNITS AND UNITS IN A BIOFUEL ENVIRONMENT

Zhuravel D., DSc 44

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СХИЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕНАВАНТАЖЕНОЇ ЛІНІЙНОЇ БАГАТОШАРОВОЇ МОДЕЛІ ҐРУНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Дяконюк Л. М., к.фіз.-мат.н., Чумакевич В. О., к.т.н., Чумакевич В. В., магістр,
Недошовенко О. С., магістр* 47

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ «РОЗУМНА ФЕРМА»

*Желєзняк А.М., к.е.н., Пташник В.В., к.т.н., Смолінський В.Б., к.е.н.,
Гошко Б.М., к.ф.-м.н.* 50

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНО СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ РІЛЬНИЧОГО ГОСПОДАРСТВА

Падюка Р.І., к.т.н., Луб П.М., к.т.н., Тимочко В.О., к.т.н. 52

METHOD AND AUTOMATED TOOLS FOR NON-DESTRUCTIVE QUALITY CONTROL OF ELECTRICALLY CONDUCTIVE OBJECTS IN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX.

Chaplyha V., Sc.D., Minister J., Ph.D., Chaplyha V. 54

Section 4

PROJECT MANAGEMENT

KONCEPCJA ZARZĄDZANIA SYSTEMEM ORGANIZACYJNO-TECHNICZNYM PRZY OBECNOŚCI ZAPLECZA BIOTECHNICZNEGO

Reshetiuk V., Dr inż. 56

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТІВ ЗАГОТІВЛІ СИРОВИНИ

Тригуба А.М., д.т.н., Коваль Н.Я., Татомір А.В., к.т.н., Тригуба І.Л., к.с-г.н. 59

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЄКТІВ РІЛЬНИЦТВА

*Луб П.М., к.т.н., Падюка Р.І., к.т.н., Станько В.Ю., к.е.н., Остафінська
Л. М., Пісак Т. В.* 62

**АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО
МОНІТОРИНГУ РОБІТ У ПРОЕКТАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО
КОМПЛЕКСУ**

Луб П.М., к.т.н., Косарчин В.І., к.ф.-м.н., Спічак В.І., к.т.н., Онейда Р.А.

65

**АЛГОРИТМ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБҐРУНТУВАННЯ
РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ
ГРОМАД**

Тригуба А.М., д.т.н., Ратушній А.Р., Рудинець М.В., к.т.н., Федорчук-Мороз В.І., к.т.н.,

67

Section 5

**INFORMATION TECHNOLOGIES OF ECONOMIC AND ECOLOGICAL
ASSESSMENT OF PROJECTS AND SYSTEMS IN ENERGY AND AGRO-
INDUSTRIAL COMPLEX**

**ENERGY CLUSTERS – TECHNICAL, LEGAL AND ECONOMIC CONDITIONS IN
POLAND**

T. Bakoń, Dr.-Ing.

72

**OPTIMIZATION OF THE BIOENERGY SYSTEM STRUCTURE BY
APPLYING ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING**

*Syrotyuk H., Ph.D., Syrotyuk S., PhD, Konieczny R., DSc, Radomska-Zalas A., PhD,
Wałowski G., DSc*

74

**ВІРТУАЛЬНИЙ ЗАСІБ РЕАБІЛІТАЦІЇ ХВОРИХ ОБЛІТЕРУЮЧИМ
АТЕРОСКЛЕРОЗОМ СУДИН КІНЦІВОК НА ОСНОВІ ПРОГРАМНО-
АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ LabVIEW**

О.В. Лука, к.т.н., А.-В.В. Мідик

76

Section 1.

Information technologies in energy systems, including renewable sources.

COMPUTER SIMULATION OF A PHOTOVOLTAIC PANEL IN THE LABVIEW ENVIRONMENT

V. Boyarchuk¹, PhD, S. Syrotyuk¹, PhD, S. Korobka¹, PhD, V. Syrotyuk¹, PhD, V. Halchak¹, PhD, H. Syrotyuk¹, PhD, V. Ptashnyk¹, PhD, J. Aleksiejuk-Gawron², PhD, A. Chochowski², DSc, M. Awtoniuk², PhD, P. Obstawski², DSc,

¹ Lviv National Environmental University

²Warsaw University of Life Sciences (SGGW), Poland

Abstract: A methodical approach to development of a computer model of a solar photovoltaic panel, which is implemented in the LabVIEW software environment of the National Instruments company, is presented. The computer model allows to construct the volt-ampere and volt-power characteristics of a real photovoltaic module under a variable level of solar radiation and a constant temperature, as well as for conditions of a constant intensity of solar radiation and a variable temperature of the photovoltaic module.

Keywords: computer model, photovoltaic panel, volt-ampere characteristic, volt-power characteristic, solar radiation.

There are numerous software providing for modeling and analyzing operation modes of a photovoltaic panel. They include Solar Pro, PV-Design Pro, PV-Spice, PV CAD and others. Most of them, however, are rather expensive license programs which are not available for researchers [1, 2].

It is, therefore, expedient to develop computer models by applying available packages which are normally available for non-commercial researchers. They include Matlab/Simulink, LabVIEW, etc. Application of the mentioned software enables to make relatively fast and accurate building of the models and to study them that still needs experimental eyeing in the real conditions.

A solar photovoltaic panel is a kind of solar element, which is a source of current and is paralleled by a diode. The equation of the volt-ampere characteristics of the solar photovoltaic panel can be described by the formula [3, 4]:

$$I_d = I_s \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{N_s K A T_o} \right) - 1 \right],$$

where I_s – reverse current, A; q – charge of the electron, C; V_{oc} – voltage of the open circle, W; N_s – number of photoelements connected in a sequent chain, units; K – the Boltzmann constant, J/°K; A – ratio of the diode perfection; T_o – temperature of the photoelectric panel, °K; R_s – consecutive resistance, Ohm; R_p – shunt resistance, Ohm.

Modeling of a photovoltaic panel should be performed with consideration of its actual electric parameters and therefore, the photovoltaic model of JA SOLAR JAM60S09-320/PR type was taken as a basis.

Considering the general methodology of assessing the electric parameters of a photovoltaic panel, the researchers developed a computer model of developing volt-ampere and volt-power characteristics. A fragment of the frontal panel of the model in conditions of the variable intensity of solar radiation and a constant temperature of the photovoltaic panel is shown at the Figure 1.

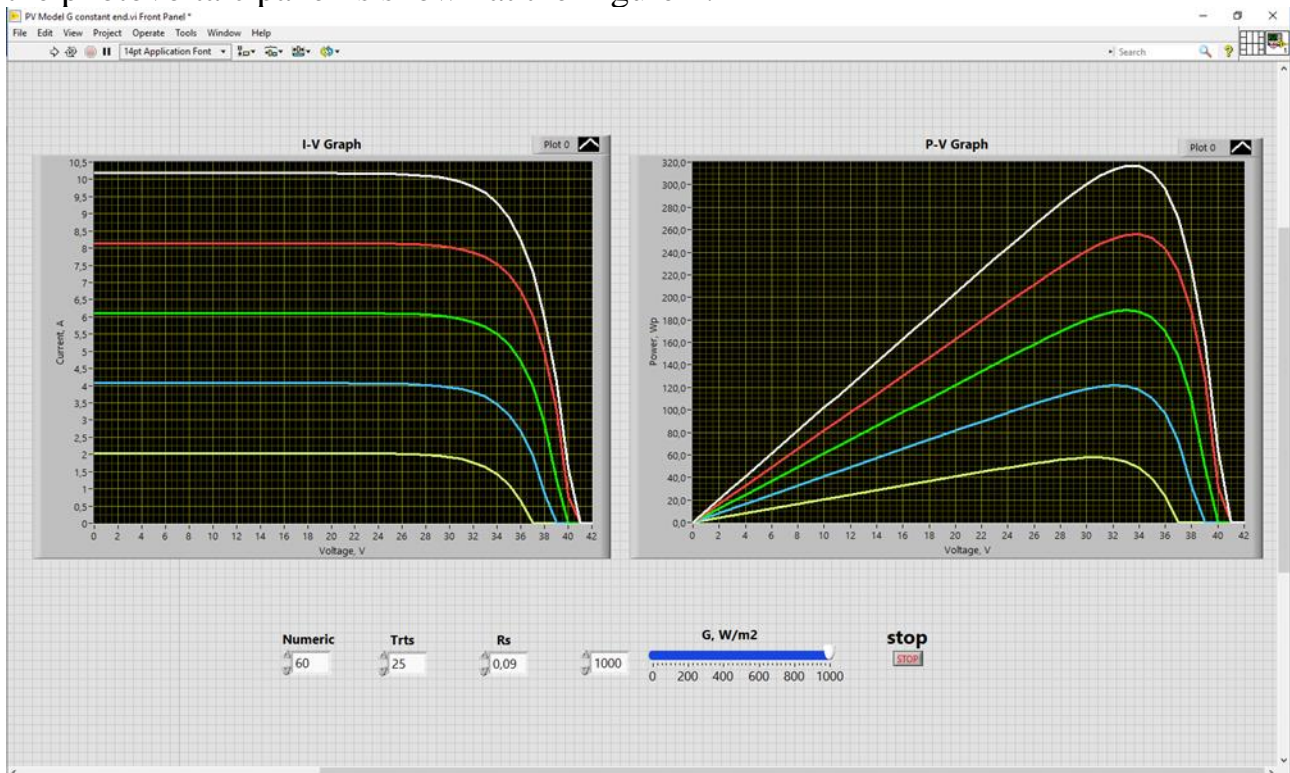


Fig. 1. Volt-ampere and volt-power characteristics of the photoelectric module under variable solar radiation and a constant temperature

The similar studies are conducted for the conditions of solar radiation of constant intensity and a variable temperature of the photovoltaic panel.

The developed model can be used as an instrument to study modes of the photovoltaic model operation under the effect of a wide range of influencing parameters and to substantiate the parameters of the means of load control.

References

1. Carta J. A. A continuous bivariate model for wind power density and wind turbine energy output estimations. *Energy Conversion and Management*. 2007. Vol. 48. P. 420-432.
2. Sharma D. K., Verma V., Singh A. P. Review and analysis of solar photovoltaic software. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE*. 2014. Vol. 4 (2), P. 725–731.
3. Bellini A., Bifaretti S., Iacovone V., Cornaro C., Simplified model of a photovoltaic module. *In: Applied Electronics. IEEE*. 2009. P. 47–51.

4. Sera D., Teodorescu R., Rodriguez P. PV panel model based on datasheet values. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE*. 2007. P. 2392–2396.

HIGH-EFFICIENCY LAMELLA HEAT EXCHANGER SUPPLIED WITH ENVIRONMENTALLY FRIENDLY REFRIGERANT - R290

P. Obstawski, DSc, K. Górnicki, DSc, R. Winiczenko PhD, M. Janaszek-Mańkowska, PhD, A. Bryś, PhD

Warsaw University of Life Sciences (SGGW), Poland

Abstract: The aim of the work carried out was to develop the design of a lamellar heat exchanger characterized by a reduced mass of an environmentally friendly refrigerant belonging to the A3 group of refrigerants - R290 propane. The work analyzed various feasible designs of the lamellar exchanger, which would be characterized by a larger heat transfer surface in comparison with standard designs of lamellar exchangers. Based on the simulation studies performed, a lamella exchanger was developed in which the standard round-section pipe was replaced by a rectangular-section pipe. The developed design solution made it possible to increase the heat transfer surface area and thus reduce the weight of the refrigerant in the refrigeration system.

Keywords: lamellar heat exchanger, heat pump, Refrigerant R290

The purpose of the work carried out was to develop the design of the condenser and evaporator heat exchangers of a compressor heat pump supplied with environmentally friendly R290 (propane) refrigerant. The main design objectives were to increase the heat transfer surface area by 10% compared to design solutions available on the market, while reducing the refrigerant mass below 100g/kW and limiting the negative impact of frosting and fouling on exchanger performance. Fin exchangers are based on copper tubes with a circular profile [1]. Increasing the heat transfer surface area while reducing the internal volume of the tube involves changing its geometry [2, 3, 4]. For this reason, a simulation study was carried out to analyze the effect of the design parameters of the lemlel exchanger on its performance, with respect to the mass of propane. The mass of propane in the refrigeration system depends mainly on the amount of the refrigerant in the liquid state. The mass of the refrigerant in the gaseous state is a small proportion of the total mass of the refrigerant in the system, so the consideration of design solutions for the lemlel exchanger focused mainly on its operation in a refrigeration system as an evaporator, fed with R290 propane in the liquid state.

The first stage of simulation studies was to analyze the design of the exchanger based on the classically used tubes with a circular cross-section in terms of the number and length of refrigerant runs, tube diameters, thickness and spacing of lemlel on the achieved efficiency in relation to the mass of propane. The study was carried out for various operating conditions of the exchanger. In order to reduce

calculation time, a so-called "one-meter model" was developed. Subsequently, simulation studies were conducted to increase the heat transfer surface area while reducing the mass of propane. The research consisted of comparing the effect of different exchanger pipe geometries on the achieved performance with respect to a pipe with a circular profile. The dimensions of the different profiles were chosen so that the volume of each type of pipe was the same as that of the round pipe. Pipes with elliptical, rectangular and square cross sections were studied. Figure 1 shows the performance for a one-meter-long exchanger model with different pipe geometries as a function of refrigerant mass flow. The graph shows that the exchanger achieves the highest efficiency for a pipe with a rectangular cross-section and a height-to-width ratio of 1:3.

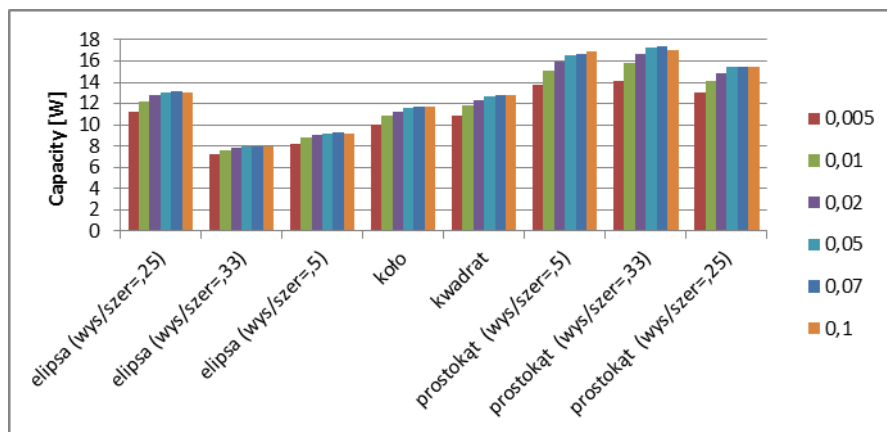


Fig. 1. Effect of the geometry of a 1 m pipe cross-section and the mass flux of propane on the heat flux exchanged in the evaporator

The presented design solutions have been filed with the Patent Office of the Republic of Poland. Patent application numbers P.439956, P.439961.

References

1. Benjamin A., Kraus A.D. Heat Transfer Handbook. Wiley. 2003
2. Gutkowski K.M, Butrymowicz K.J. Refrigeration and air conditioning. WNT. 2003.
3. Mukherjee R. Effectively Design Shell-and-Tube Heat Exchangers. Chemical Engineering Progress. 1998
4. Śmierciew K. Selected thermal-fluid issues of equipment used in refrigeration and thermal technology in numerical and experimental view. Oficyna Wydawnicza Politechnika Białostockiej. Białystok. 2018.

Acknowledgments

The research was carried out under the project: "High-efficiency subcritical compressor heat pump with reduced refrigerant mass" funded by the National Centre for Research and Development from the Operational Programme Intelligent Development 2014-2020 - POIR.01.01.01-00.1538/19-00

DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL OF THE DYNAMICS OF SOLAR RADIATION ON AN INCLINED SURFACE UNDER CLEAR SKY IN THE LABVIEW ENVIRONMENT

S. Syrotyuk¹, PhD, V. Boyarchuk¹, PhD, S. Korobka¹, PhD, V. Syrotyuk¹, PhD, V. Halchak¹, PhD, H. Syrotyuk¹, PhD, V. Ptashnyk¹, PhD, J. Aleksiejuk-Gawron², PhD, A. Chochowski², DSc, P. Obstawski², DSc, M. Awtoniuk², PhD

¹Lviv National Environmental University

²Warsaw University of Life Sciences (SGGW), Poland

Abstract: On the basis of the worked-out theoretical provisions of insolation, a methodology for estimating the arrival of direct, diffuse and total solar radiation on the receiving surface under clear sky conditions is proposed. Using the LabVIEW software environment, a computer model of the arrival of solar radiation on the receiving surface with visualization of the dynamic characteristics was developed.

Keywords: computer model, intensity of solar radiation flow, components of solar radiation flow, dynamics of solar radiation arrival.

The current efficiency of solar energy installations during a day is definitely determined by irradiance of the receiving surface by all flows of solar radiation, i.e. direct G_b , diffuse G_d and reflected from the soil surface G_p . The results of their term measurements seldom correspond to the level of current irradiance of even close placed power installations. Therefore, current efficiency of the power installation operation is assessed by the pyranometers set near the surface of the solar energy receiver. The results, obtained under different radiation modes, are proposed to be assessed by the theoretically calculated parameters with the use of the corresponding models of clear sky for solar rays [1].

All calculations are done starting from measuring intensity of the surface flow of solar radiation by the formula:

$$G_b = G_{sn} e^{-0,8662 \cdot \delta_R(m) \cdot T_{LK}(AM2) \cdot m} \quad (1)$$

where G_{sn} – intensity of solar radiation, Wt/m^2 ; $\delta_R(m)$ – optic thickness of the Rayleigh air; $T_{LK}(AM2)$ – the Kasten's factor of turbidity for atmosphere mass 2; m – relative atmosphere mass.

The authors of the research choose the anisotropic model HDKR (Hay, Davies, Klucher, Reindl) [2] for modeling a flow of solar radiation, under which the total flow of radiation energy on the inclined surface is calculated by the formula:

$$G_{t\beta} = (G_{bh} + A_i G_{dh}) R_\beta + G_{dh} (1 - A_i) \frac{1 + \cos \beta}{2} \left[1 + \sqrt{\frac{G_{bh}}{G_{th}}} \sin^3 \frac{\beta}{2} \right] + G_{th} \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (2)$$

where G_{bh} , G_{dh} , G_{th} – direct, diffuse and total flows of solar radiation on the horizontal surface, Wt/m^2 ; A_i – factor of the function of spatial distribution of the diffuse flow; R_β – ratio of the receiving surface inclination; β – angle of the receiving surface inclination to the horizon, degree; ρ – air density, kg/m^3 .

The experimental testing of the accepted model adequacy to the natural flows of solar radiation was planned for the last decade of the year after the montage and commissioning works are finished. Thus, modeling of the radiation parameters was made on November 14 and its results are taken as the monthly average in power engineering [2, 3].

The agreement of the modeled time interval with the counting by the solar time τ and the moments of measuring set by the Kyiv time is conducted considering the seasonal shift of the midday E and the corresponding equation of time

$$E = 229,2(0,000075 + 0,001868\cos B - 0,032077\sin B - 0,014615\cos 2B - 0,04089\sin 2B), \quad (3)$$

where $B = (n - 1)2\pi / 365$; n – the serial number of the day in the year [3].

The described methodology enables performing computer modeling of the dynamics of arrival of the direct, diffuse and total solar radiation on the inclined surface in the conditions of clear sky. That task was fulfilled by using applied LabVIEW software of National Instruments production. By using that software, the users are provided with convenient interface including necessary time data and graphic dependencies of the modeled process.

Fig. 1. shows a fragment of the frontal panel of visualization of the results of the computer model of the solar radiation flow on the example of a total flow.

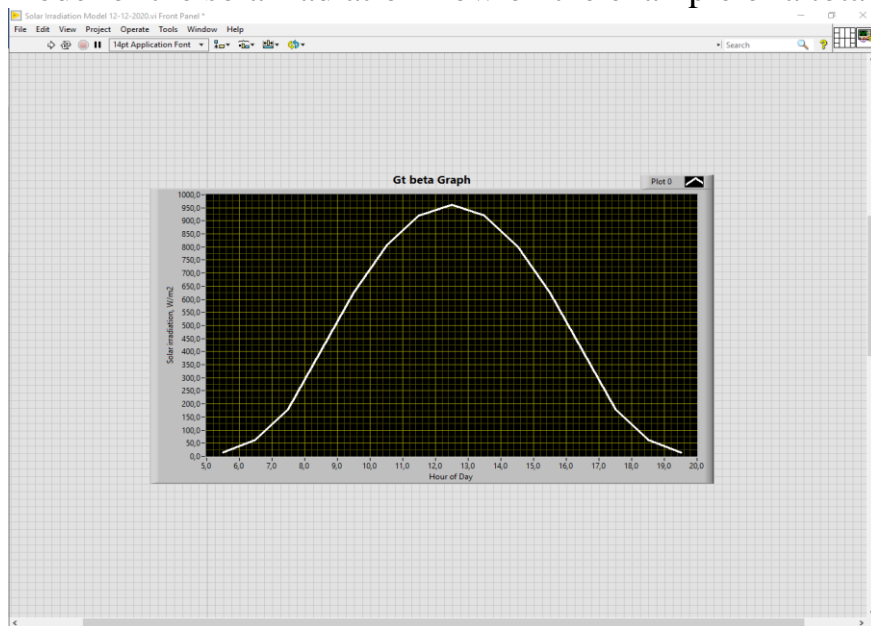


Fig. 1. Results of modeling the dynamics of arrival of a total flow of solar radiation on the inclined surface under clear sky

The planned experimental studies enable assessing correspondence of the developed model to the conditions of clear sky, as well as facilitate the researchers to adapt the model to the real flow of solar radiation with consideration of the factor of air turbidity.

References

1. Halchak V.P., Boyarchuk V.M., Syrotiuk V.M., Syrotyuk S.V. Parameters of a direct flow of solar energy under clear sky with consideration of air transparency. Renewable power engineering. 2019. № 2. P. 22-31.
2. Kalogirou S. A. Solar Energy Engineering. Processes and Systems. Second Edition. – Amsterdam: Elsevier Inc., 2014. p. 819.
3. Duffie J., Beckman W. Solar engineering of thermal processes. 4-ed. Copyright 2013 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. p. 910.

MICRO-CHANNEL PLATE HEAT EXCHANGER SUPPLIED WITH ENVIRONMENTALLY FRIENDLY REFRIGERANT - R290

P. Obstawski, DSc, K. Górnicki, DSc, R. Winiczenko PhD, M. Janaszek-Mańkowska, PhD, A. Bryś, PhD

Warsaw University of Life Sciences (SGGW), Poland

Abstract: The aim of the work carried out was to develop the design of a plate heat exchanger characterized by reduced mass of an environmentally friendly refrigerant belonging to the A3 group of refrigerants - R290 propane. The work analyzed various feasible plate designs of the heat exchanger, which would make it possible to increase the heat transfer surface area while reducing the mass of the refrigerant in the exchanger. Based on the simulation studies performed, two designs of micro-channel plate heat exchangers were developed.

Keywords: micro-channel heat exchanger, heat pump, Refrigerant R290 .

The commonly used plate heat exchangers are based on the design of corrugated plates between which working media circulate. The notches in the exchanger plates are designed to increase the heat transfer surface area, which has a significant effect on reducing the size of the exchanger relative to its rated capacity [1, 2]. The volume of the exchanger is a resultant parameter, which is determined by the design parameters of the exchanger, including the heat transfer surface and the spacing between the plates. In the case of the use of flammable agents, it is extremely important to reduce the filling level of the refrigeration system, the value of which depends largely on the volume of plate exchangers - especially the evaporator, since the mass of the agent in the gaseous state is a small proportion of the total mass of the refrigerant [3, 4].

As part of the ongoing research work, the design of a micro-channel plate heat exchanger was developed. The design of the exchanger is characterized by the fact that in the plate of the exchanger there are micro-channels of rectangular shape, in which the refrigerant circulates. The micro-channels are washed with a medium (brine, water) supplying or receiving, depending on the function of the exchanger in the refrigeration system, heat. For the developed plate heat exchanger design, a series of simulation studies were carried out to analyze the impact of design parameters on the exchanger's performance. Figure 1 shows an example of the power values of a

micro-channel plate heat exchanger with a height of 500 mm, with a constant micro-channel height of 1.9 mm and variable width ranging from 1.1 mm to 2.9 mm, with a constant mass flow rate of the refrigerant feeding the secondary side of the exchanger of 0.03 kg/s and a variable mass flow rate of water feeding the primary side of the exchanger. As can be seen from the presented results, the highest power in each of the analyzed cases can be obtained for the highest mass flow of water and the smallest width of the micro-channel, which translates into a reduction of the refrigerant mass in the exchanger (Figure 2).

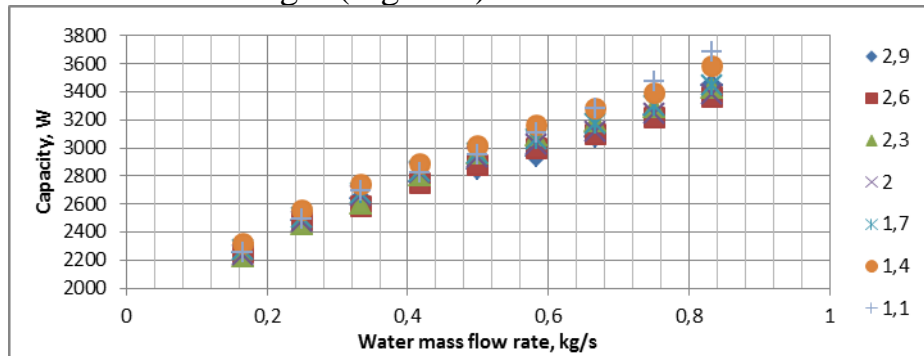


Fig.1. Power dependence of a 500mm high exchanger on the width of the micro-channels

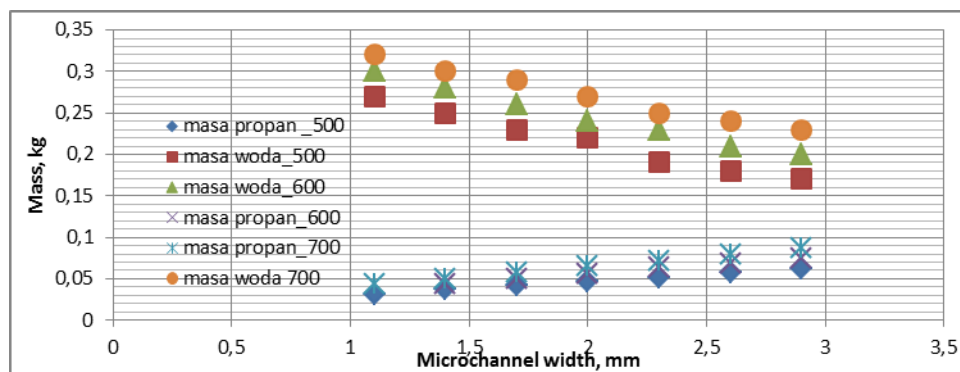


Fig. 2. Propane mass in the exchanger at different microchannel widths

The presented design solutions have been filed with the Patent Office of the Republic of Poland. Patent application numbers P. 439957, P. 439958.

References

1. Niezgoda-Żelasko B., Zalewski W. Refrigeration and air conditioning heat exchangers. Thermal calculations. Cracow University of Technology Publishing House, 2013.
2. Kandlikar S.G., Grande W.J. 2010 Evolution of microchannel flow passages: thermo-hydraulic. Heat Transfer Engineering, 24(1): 3-17.
3. Cavallini A., Del Col D., Rossetto L. 2013. heat transfer and pressure drop of natural refrigerants in minichannels (low charge equipment). International Journal of Refrigeration, 36: 287-300.
4. Benjamin A., Kraus A.D. Heat Transfer Handbook. Wiley, 2003

Acknowledgments

The research was carried out under the project: " High-efficiency subcritical compressor heat pump with reduced refrigerant mass" funded by the National Centre for Research and Development from the Operational Programme Intelligent Development 2014-2020 - POIR.01.01.01-00.1538/19-00

PECULIARITIES OF MODELING HEAT PUMPS IN THE LABVIEW ENVIRONMENT

S. Syrotyuk¹, PhD, V. Boyarchuk¹, PhD, V. Syrotyuk¹, PhD, S. Korobka¹, PhD, H. Syrotyuk¹, PhD, B. Boltianskyi², PhD

¹Lviv National Environmental University

²Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

Abstract. The research studies peculiarities of the methodology of computer modeling of the process of converting low-potential heat into a hot heat carrier in a "soil-water" heat pump. The proposed computer model consists of two components: a soil temperature model and a heat pump model, which are determined by the temperatures of the input heat flow and the heat carrier at the output of the heat pump.

Key words: low potential heat, heat pump, computer model, heat supply system.

To substantiate parameters of heat pumps, the applied software that is not in free access for publicity is normally used. The dynamic assessment of the operation modes of the heat pump installation should be reasonably based on the developed computer models. Normally, such type of models is created in the MATLAB/Simulink environment. A more informative and universal model can be built by applying LabVIEW environment of the National Instruments production, which has convenient interface of a researching user with the adequate functions of visualization, formation and accumulation of databases, etc.

The most common type of heat pump is the pump of "soil-water" type which is the most effective. To develop a computer model of such type of heat pump, it is actually necessary to build two models. The first one will demonstrate the mode of taking heat from soil, and the second – the pump itself.

While calculating the energy potential of soil at any depth, the seasonal changes of temperature should be considered. It is calculated by the formula

$$T_{soil}(z,t) = \bar{T}_{soil} + \Delta T_{air} \cdot e^{-z\sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot a}}} \cdot \sin\left(\frac{2\pi(t-t_o)}{365} - z\sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot a}} - \frac{\pi}{2}\right), \quad (1)$$

where \bar{T}_{soil} – the annual average temperature of the soil surface (air temperature), °C; ΔT_{air} – deviation of the monthly average temperature of air in the hottest month (i.e. the month with the highest temperature) from the annual average; z – soil depth, m; t

– current day of the year; t_0 – shift of the phase of minimum temperature referring to the start of the year; a – thermal conductivity of soil in m^2/sec .

Parameters of the heat pump, which are determined by its construction and energy peculiarities, are important for organization of the total system of hybridization of a complex of power installations, in which the available resource should be reasonably used. In particular, it deals with its current thermal potential, which depends on the temperature of the primary source of heat, as well as on the necessary temperature of the heat carrier which should be supplied to the user. In that case, it is required to use technological data of the heat pump producers. Data for the heat pump of GMLW16 “air-water” type of Ochsner company were taken as an example. Particularly, the researchers determined single-parameter regression equations of the parameters of thermal potential, consumed power and the ratio of the heat pump conversion in the whole process of operation. The equations were composed for each temperature range of the heat pump operation and a consumer (temperature 35, 45, 50 and 60 °C). The regression equations of the parameters for the output temperature of the heat carrier at the level of 45°C were provided as an example:

- thermal potential

$$y = -3E-06x^4 - 9E-05x^3 + 0,0006x^2 + 0,2978x + 12,718; \quad (2)$$

- consumed power

$$y = 1E-07x^4 + 3E-06x^3 - 0,0002x^2 + 0,0034x + 3,6648; \quad (3)$$

- ratio of conversion

$$y = -1E-06x^4 - 2E-05x^3 + 0,0003x^2 + 0,0779x + 3,4683. \quad (4)$$

These data are used to make time and energy characteristics of the heat pump operation. It should be controlled during operation of the system of the object power supply.

In particular, daily duration of the heat pump operation in the current period is estimated by the formula

$$\tau^i = \frac{24P_{TL}^i}{P_{HP}^i}, \quad (5)$$

where P_{TL}^i – current thermal load of the object, kW; P_{HP}^i – current thermal potential of the heat pump, kW.

The data of the actual and expected work of the heat pump in the current period are used to measure consumption of electric energy used for its work by the formula

$$W_{el}^i = \tau^i P_{el}^i, \quad (6)$$

where P_{el}^i - current capacity of the heat pump consumption, kW.

The data are necessary to develop a general strategy for choosing the time mode of pump operation in the structure of the system of power supply for the object.

References

1. Grassi W. Heat Pumps: Fundamentals and Applications. Pisa: Springer International Publishing AG, 2018. 175 p.
2. Alves-Filho O. Heat Pump Dryers: Theory, Design and Industrial Applications. Boca Raton: CRC Press, 2016. 335 p.

3. Arseniev V.M., Meleichuk S.S. Heat pumps: fundamentals of theory and calculation: textbook. Sumy: Sumy State University, 2018. 364 p.

A SOLAR TIMBER DRYING SYSTEM: EXPERIMENTAL PERFORMANCE AND SYSTEM MODELING

S. Korobka, PhD, M. Babych, PhD, R. Krygul, PhD, S. Syrotyuk, PhD, I. Stukalets, PhD, Lviv National Environmental University

Abstract. The technological process of wood drying in a solar dryer was studied. The modes of operation of the solar dryer with a mirror concentrator and heat accumulator, additional moisture absorption and in conditions of natural cyclicity are substantiated. The kinetic parameters of the moisture transfer processes, which reproduce the time dependences of changes in the kinetics of wood drying, the relative humidity of the incoming and outgoing air flows, were determined, and the time dependence of the humidity of the outgoing flow was simulated.

Keywords: solar energy, solar dryer, temperature-humidity fields, heat mass transfer, intensification, convective drying.

Heliothermal installations have been widely applied in the agricultural sector. For example, when drying plant raw materials, specifically timber, solar energy is actively utilized in the drying industry. A given type of dehydration is fully applicable for the region of western Polissya (forest zone) (the city of Korets, Rivne oblast, Ukraine), the structural-technological circuit of the solar dryer with a heat accumulator and a flat mirror concentrator is shown in Fig. 1.

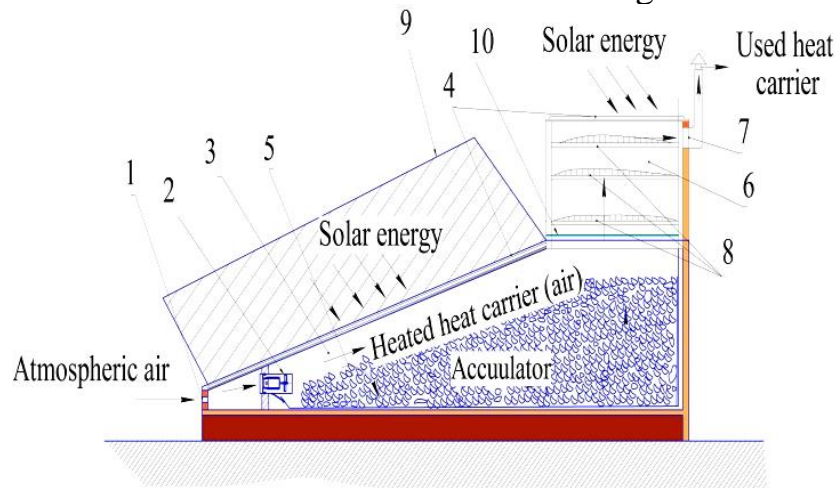


Fig. 1. Structural-technological circuit of the solar dryer with a heat accumulator and a flat mirror concentrator: 1 – inlet channel; 2 – fan; 3 – air duct; 4 – air collector; 5 – heat-accumulating material (gravel-based); 6 – drying chamber; 7 – return channel; 8 – sieves; 9 – flat mirror concentrator; 10 – valve

Timber drying in a solar dryer over 24 hours is characterized by a periodic irregularity in the arrival of a solar energy flux. Heat-mass exchange characteristics

of the drying process, energy characteristics of the solar dryer, and the properties of timber vary during 24 hours depending on weather and season. Thus, it is required to separately substantiate kinetic and dynamic properties of the object of drying, or to explore the drying process.

Based on the difference in the results of weighing the full sieves G_n and empty sieves: $m=G_n-G_0$, a mass of the batch is determined. Over the first and subsequent hours, the mass of the product reduces, which is taken to be equal to the difference in weight measurements:

$$\left. \begin{aligned} \Delta m_1 &= G_n - G_1, \\ \Delta m_2 &= G_1 - G_2, \\ \Delta m_n &= G_{n-1} - G_n. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Theoretical moisture content of the outflow, calculated based on the loss of mass by the timber, is derived from formula:

$$X_{o..n}(\Delta m) = 0,622 \frac{\varphi_{sc0..n}(\Delta m) \cdot p_{sv}}{p - \varphi_{sc1..n}(\Delta m) \cdot p_{sv}}, \quad \text{kg/kg} \quad (2)$$

where $\varphi_{sc0..n}$, $\varphi_{sc1..n}$ are, respectively, relative humidity of the incoming and outgoing heat carrier, %; p is the pressure of saturation in the outgoing flow, which is taken from tables for the assigned air temperature, Pa.

Work of the solar dryer in combination with a mirror concentrator and a heat accumulator: Operation mode of a solar dryer always depends on weather conditions, which are rarely repeated. A conclusion about the effectiveness of a specific regime can be drawn only based on the analysis of results from several studies. We shall consider the operation mode of the solar dryer in combination with a flat mirror concentrator and the air-gravel accumulator.

Using the concentrator made it possible to reach the following maximal energy illuminance of the air collector: July 15 – 1,269 W/m²; July 16 – 1,184 W/m² (843 without the concentrator); July 17 – 1,147 W/m². The values of energy illuminance of the air collector, hourly averaged, are shown by a bar chart in Fig. 2. The shape of temperature curves corresponds in general to the daily schedule of arrival of solar energy and the temperature of the environment.

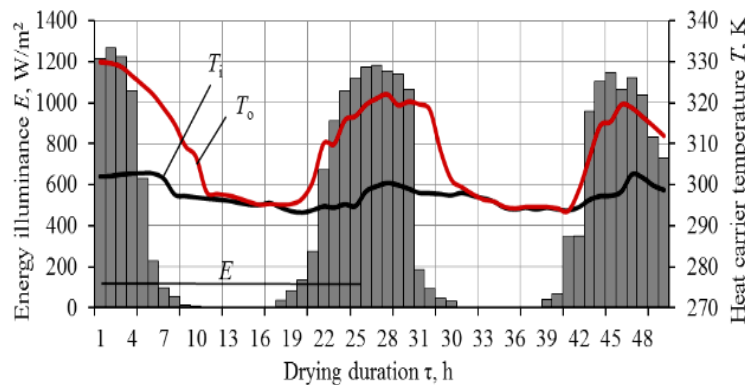


Fig. 2. Energy parameters of the solar dryer operation over the period of 15–17.07.2022: T_i , T_o are, respectively, the temperature of the incoming and outgoing heat carrier, K; E is the energy illuminance, W/m²

The kinetics of timber drying is represented by the time dependences of humidity $W(\tau)$ and the relative humidity of the incoming φ_i and outgoing φ_o air flows

(Fig. 3). Results of the measurement of relative humidity of the incoming flow in Fig. 3 are shown by a solid black curve, that of the outgoing – by a red curve. Dotted line shows the simulated time dependence of humidity of the outgoing flow $\varphi(\Delta m)$, calculated based on the hourly change in timber mass Δm under assumption that it is completely diffuses in the flow-through air stream.

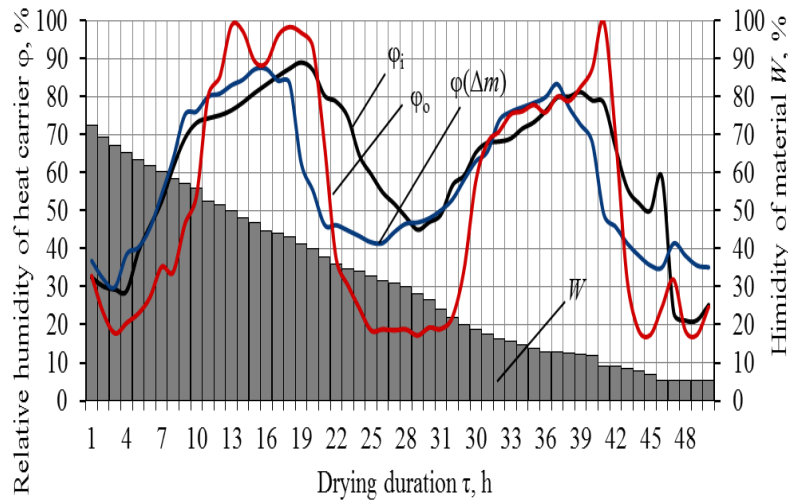


Fig. 3. Kinetic parameters of the processes of moisture release in the solar dryer over the period of 15–17.07.2022: φ_i , φ_o are, respectively, the relative humidity of the incoming and outgoing flows of heat carrier, %; W is the humidity of the material being dried, %; $\varphi(\Delta m)$ is the simulated time dependence of the humidity of outgoing flow of heat carrier, %

Fig. 4 shows results of the calculation of moisture content of the incoming X_i , outgoing X_o , and the simulated (for the released mass) $X(\Delta m)$ air flows. It also shows a bar chart for the hourly decrease in the timber mass, calculated based on the experimentally measured values for its moisture content $W(\tau)$. The specified hourly values Δm are numerically equal to the rate of drying, which is a much more sensitive parameter for the moisture transfer.

The moisture content curve of the outgoing flow (Fig. 4) indicates that the main part of moisture is removed during daytime, with an elevated temperature of the drying agent in full agreement with classical models of drying. Instead, the moisture content of the simulated flow $X(\Delta m)$ is more sensitive to local changes in the rate of drying, as evidenced by the correlation of positions of the respective deviations.

It was established that the use of an accumulator and a concentrator in the solar dryer decreases the duration of drying by 23 hours. This makes it possible to speed up the intensity of the process by 1.5 times. Over the period of work of the solar dryer, the area of 1.5 m² of the air collector surface received 30.2 kW·h, or 108.5 MJ, of thermal energy at moisture evaporation of 2.8 kg. Energy efficiency of the process amounted to 10.7 kW·h/kg, or 38.8 MJ/kg.

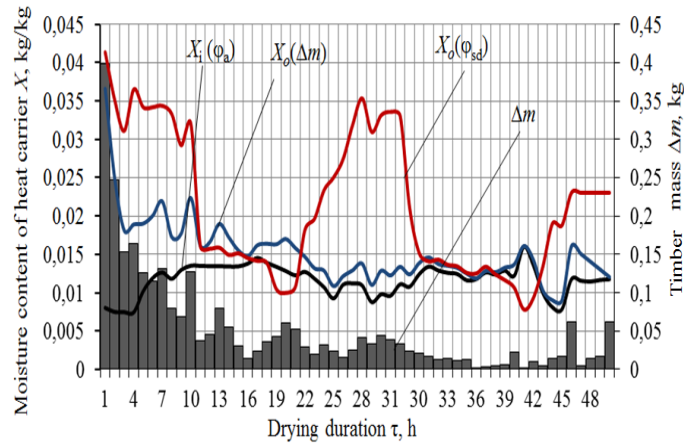


Fig. 4. Dynamics of processes of mass transfer in the solar dryer over the period of 15–17.07.2022: $X_i(\varphi_a)$, $X_o(\varphi_{sd})$ are, respectively, the moisture content of the incoming and outgoing flows of heat carrier, kg/kg; Δm is the hourly change in the mass of material being dried, kg; $X_o(\Delta m)$ is the simulated time dependence of moisture content in the outgoing flow of heat carrier, kg/kg

We analyzed energy parameters, kinetic processes of moisture release, dynamic processes of mass exchange, and temperature-humidity fields in the processes of convective timber drying.

ENHANCING A MEASURING METHOD OF OUTPUT SIGNALS AND ITS IMPACT ON POSSIBILITIES OF MODELING THE DYNAMICS OF PHOTOVOLTAIC MODULES

*J. Kurdyla, J. Aleksiejuk-Gawron, M. Awtoniuk
Warsaw University of Life Sciences (SGGW), Poland*

Abstract: The following paper describes an off-grid photovoltaic system with a station monitoring its operation. It is described how particular modules have been connected, such as current transducers with current shunts, voltage transducers, and the LB-480 data gathering module. After assembling the station LBX software has been configured to record the data. The possibilities of measuring output signals of photovoltaic modules have been documented before and after the modification of the station. To conclude, the structure for the models with a greater number of output signals allowing for measurements with a higher degree of accuracy has been proposed. The new structure will be used for further analysis of models in MATLAB software.

Keywords: measured signal, current transducer, voltage transducer, model structure.

The photovoltaic system discussed in the paper is an off-grid system. The laboratory station is located on the grounds of the Warsaw University of Life Sciences (SGGW), in Building No. 19 of the Institute of Mechanical Engineering of the Department of Fundamentals of Engineering and Energy at the Faculty of Production Engineering in the Laboratory of Unconventional Heating Technologies. A photovoltaic generator consisting of six modules, connected to a station in the laboratory (Figure 1).



Fig. 1. Photovoltaic generator

In addition to three different types of photovoltaic modules (monocrystalline, polycrystalline and thin-film amorphous), the lab bench includes charge controllers, batteries, and inverters. The installation uses two Phocos CXN 20 charge controllers using pulsed PWM charging technology and a Phocos MPPT 100/30 controller that tracks the maximum power point. Four Victron Energy lead-acid batteries using AGM technology are connected to the photovoltaic installation. Two Victron Energy's Phoenix Inverter 12V 180VA inverters are installed on the bench.

The modernization of the described laboratory bench included the comprehensive installation of four current transducers with current shunts, one for each transducer, and four voltage transducers. The presented actuators constitute four sets, which are assigned to four photovoltaic modules, whose parameters are monitored on the bench. The modules mentioned, on which measurements are carried out, are a polycrystalline module, a monocrystalline module, a thin film module on a tracking structure and a thin film module mounted horizontally on the ground.

Currently, measuring the voltage on photovoltaic modules uses a directly scaled variable from the converter. Upgrading the test stand also makes it possible to measure another type of output signal. Using mounted current transducers together with current shunts, it is possible to realize current measurement on photovoltaic modules.

Using a database containing measurement data from the SGGW weather station and the output signals of photovoltaic modules measured on the test stand,

signals will be proposed for the inputs and outputs of the OE, TF and ARX models. To simplify the description of the structure of the mentioned models, the following variable names were introduced (Tab. 1).

Models have been proposed in SISO, MISO, SIMO, and MIMO with the appropriate structure. An example of the SISO model is summarized in Tab. 2.

Tab. 1. Variables designation model

Measured signal description	Variable designation
Irradiance	E_i
Ambient temperature	T_a
PV module temperature	T_m
Voltage	U_i
Current	I_i
Power	P_i

Tab. 2. Proposed signals for the SISO

Input signal	Output signal
E_i	U_i
E_i	I_i
E_i	P_i
E_i	T_m
T_a	T_m
T_a	U_i
T_a	I_i
T_a	P_i

References

1. Koziel T.: Conception and construction of photovoltaic system test stand, bachelor thesis SGGW, Warsaw 2018 (in Polish)
2. Kurdyła J.: Enhancing a measuring method of output signals and possibilities of modelling operational dynamics of photovoltaic modules, bachelor thesis SGGW, Warsaw 2022 (in Polish)
3. Kurek T.: Parametric identification of differently oriented spatially photovoltaic panels using continuous models, bachelor thesis SGGW, Warsaw 2021 (in Polish)
4. Sarniak M. T.: Photovoltaic systems, PW publisher, Warsaw 2019 (in Polish)
5. Szymański B.: Photovoltaic installations, pub. VIII, GLOB Energia Sp. z o.o., Cracow 2019 (in Polish)

PHOTOVOLTAIC CONTROL WITH ENERGY STORAGE

*J. Gielżec PhD, B. Brzychczyk PhD, T. Jakubowski DSc
University of Agriculture in Krakow*

Abstract. A dedicated power meter DTSU666-H 250 A/50 mA was used in the control of photovoltaics with energy storage by Huawei, it monitors, among others, the amount of auto-consumption in quantity and percentage, exports to the grid in quantity and percentage, imports from the grid in quantity and percentage Figure 1 and 2 grid import is indicated around the clock, production and self-consumption only during PV operation. Visualization of production, self-consumption, import from the grid is presented in the Fusion Solar Web and mobile applications, the

amount of energy imported or exported to the grid is presented on an ongoing basis. It is possible to read the measurement data directly by using the RS485 communication module and creating your own application for the visualization of the measured data.

Keywords: photovoltaic panels, photovoltaic control, energy storage.



Fig. 1. Intelligent power meter DTSU666-H 250 A / 50 mA



Fig. 2. Energy yield with rational management of its consumption

The intelligent DTSU666-H 250A/50mA power meter uses an IC with digital sampling technology, it is specially designed to monitor power and measure energy demand, taking into account the power system. It is mainly used to measure and display real-time parameters such as three-phase voltage, three-phase current, active power, reactive power, frequency, positive and negative power, electricity, etc. As a

monitoring device in energy management systems, it can be widely used for monitoring power demand in photovoltaic installations.

References

1. Góralczyk I., Tytko R., Urządzenia, instalacje fotowoltaiczne i elektryczne, Eco Investment, 2016. Wyd. 4, s. 477, ISBN 978-83-7490-937-2.
2. Nowak W., Stachel A., Kolektory słoneczne i panele fotowoltaiczne jako źródło energii w małych instalacjach ciepłych i elektroenergetycznych, Automatyka - Elektryka – Zakłócenia. 2011. Nr 4, s. 55-64, ISSN 2082-4149.
3. <https://solar.huawei.com/-/media/Solar/attachment/pdf/au/service/residential/SUN2000-5-6KTL-M1-UserManual.PDF> (Access date: 05.09.2022)
4. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjZxo2w8cb6AhXsBxAIHaaFCcAQFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Fsupport.huawei.com%2Fenterprise%2Fen%2Fdoc%2FEDOC1100020898&usg=AOvVaw3WwHINyh1C_hsPRodBVflv (Access date: 05.09.2022)

Section 2.

Information technologies in energy efficiency, resource and energy saving.

MODE DECOMPOSITION PASSIVITY-BASED CONTROL OF DC DRIVE BASED ON BIDIRECTIONAL ZETA–SEPIC DC-DC CONVERTER FOR ELECTRIC VEHICLES

I. Shchur, DSc, R.-I. Kuzyk

Lviv Polytechnic National University

Abstract. In order to provide wide speed control and regenerative braking, a bidirectional Zeta-SEPIC DC-DC converter integrated with a DC motor is used in the drive of electric vehicle. In this work, two separate control systems of such electric drive, separately for traction (Zeta) and braking (SEPIC) modes, which are built according to the Passivity-Based Control method, which provides satisfactory dynamics of fourth-order nonlinear systems, are synthesized and investigated.

Keywords: Zeta-SEPIC DC-DC converter, DC motor, electric vehicle, Passivity-Based Control, mode decomposition.

DC motors with magnetic excitation are often used in the drive systems of electric vehicles of small forms for various purposes, which are controlled, as a rule, by a single-quadrant DC-DC converter of the step-down type, powered by a battery of the appropriate voltage. Improvement of such a system is possible in the direction of providing a wider range of speed regulation and regenerative braking. To do this, you need to use a bidirectional DC-DC converter of the step-down-up (buck-boost) type. To obtain motor speeds higher than nominal, such a DC-DC converter can raise the battery voltage several times to power the motor armature. At high speeds, the current and torque of the motor can decrease, which corresponds to safe traction modes, and regenerative braking will be energy efficient.

Among the well-known buck-boost DC-DC converters, the Zeta and SEPIC topologies are distinguished by a common negative bus and the possibility of their combination in one bidirectional converter, as shown in Fig. 1(a) [1]. At the same time, the Zeta DC-DC converter controlled by the switch S1 using the internal freewheeling diode of the switch S2 will work in the traction mode, and the SEPIC DC-DC converter controlled by the switch S2 using the internal freewheeling diode of the switch S1 will work in the regenerative braking mode.

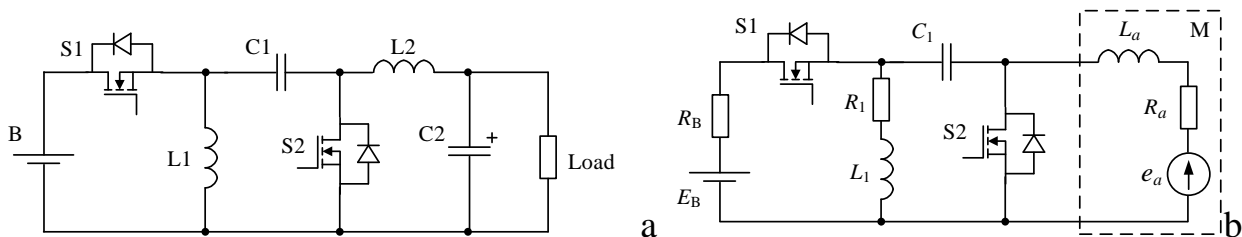


Fig. 1. Bidirectional Zeta–SEPIC DC-DC converter (a) and based on it calculation scheme of the power part of the DC electric drive system (b)

Similar to [2], in this work, the DC motor is integrated into the Zeta–SEPIC DC-DC converter: the armature winding of the motor with parameters L_a and R_a replaced the choke L2, and the electromotive force of the motor e_a replaced the capacitor C2 (Fig. 1(b)). In traction and braking modes, the structures of the resulting object are different and are described, respectively, by the following systems of equations:

Traction mode	Regenerative braking mode
$\begin{cases} \frac{d}{dt} i_{L1} = \frac{1}{L_1} [(1-\mu_1)v_{C1} + \mu_1(E_B - i_{L1}R_B) - i_{L1}R_1] \\ \frac{d}{dt} i_a = \frac{1}{L_a} [\mu_1 v_{C1} - e_a + \mu_1(E_B - i_{L1}R_B) - i_a R_a] \\ \frac{d}{dt} v_{C1} = \frac{1}{C_1} [(1-\mu_1)i_{L1} - \mu_1 i_a] \\ \frac{d}{dt} \omega = \frac{1}{J} [k\Phi i_a - T_L] \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{d}{dt} i_{L1} = \frac{1}{L_1} [\mu_2 v_{C1} - (1-\mu_2)(E_B + i_{L1}R_B) - i_{L1}R_1] \\ \frac{d}{dt} i_a = \frac{1}{L_a} \left[\mu_2 v_{C2} + (1-\mu_2)(k\Phi\omega - v_{C1} - (E_B + i_{L1}R_B)) - i_a R_a \right] \\ \frac{d}{dt} v_{C1} = \frac{1}{C_1} [-\mu_2 i_{L1} + (1-\mu_2)i_a] \\ \frac{d}{dt} \omega = \frac{1}{J} [-k\Phi i_a + T_L] \end{cases}$

where μ_1 and μ_2 are the PWM duty ratios of the switches S1 and S2 control, v and i are the voltages and currents of circuit elements, $k\Phi$ and ω are the EMF motor constant and angular speed, respectively, and J and T_L are the moment of inertia and load torque of the drive, respectively.

Since the structures of the object described by the above systems of equations are different, the synthesis of the control system must be carried out for each of the operating modes of the drive separately. The work uses an energy approach to the construction of control systems – the Passivity-Based Control (PBC), which is based on physical laws and ensures the asymptotic stability of a nonlinear system [3]. According to the author's developed method, a structural synthesis of two PBC systems were carried out and effective control influence formers (CIF) were obtained for both control subsystems, which are switched depending on the motor operating mode. The parametric synthesis of the obtained CIFs were carried out on the computer model of the proposed electric drive system developed in the Matlab/Simulink environment. The results of computer simulation showed high dynamic performance of the system in wide ranges of motor speed control and load of the electric drive.

Thus, the obtained results confirmed the effectiveness of application the mode decomposition to development of the PBC system of this complex nonlinear dynamic system.

References

1. Lee H.-Y., Liang T.-J., Chen J.-F., Chen K.-H. Design and implementation of a bidirectional SEPIC-ZETA DC-DC converter. *2014 IEEE Int. Symp. Circuits and Systems (ISCAS)*. 2014. Pp. 101-104.

2. Singh A.-K., Pathak M.-K. Single-stage ZETA-SEPIC-based multifunctional integrated converter for plug-in electric vehicles. *IET Electr. Syst. Transp.* 2018. Vol. 8, no. 2, pp. 101-111.
3. Shchur I.Z., Biletskyi Yu.O. Energy-forming control of nonlinear electromechanical systems with synchronous machines on permanent magnets: monograph. Lviv: Taras Soroka Publishing House, 2018. 172 p. (in Ukrainian)

PARAMETERS AND STRUCTURAL MODEL OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE HYDRAULIC MOTOR

M. Mikhalyuk Ph.D.

Lviv National Environmental University

Abstract: The considered hydraulic drive in which the speed of movement and the position of the output link changes according to a certain law and depends on a certain action on the control link. The concept of the output link means the rod of the hydraulic cylinder and the shaft of the hydraulic motor, the control link is the device to which the appropriate signal is sent. The used models, methods and tools for automating the design work of the gas turbine engine, diagnostic technologies, operational data analysis using models, methods and means of their integration.

Keywords: CAD, design, hydraulic drive, tracking hydraulic drive, model, model, dynamics, process, state, hydraulic motor.

The considered hydraulic drive in which the speed of movement and the position of the output link changes according to a certain law and depends on a certain action on the control link. The concept of the output link means the rod of the hydraulic cylinder and the shaft of the hydraulic motor, the control link is the device to which the appropriate signal is sent. The used models, methods and tools for automating the design work of the gas turbine engine, diagnostic technologies, operational data analysis using models, methods and means of their integration.

The description and research of the mathematical model of GSRP was carried out within the framework of the given task, which is the basis of the simulation model of the system. A formalization of the mathematical statement of the state research problem was made.

The first approach consists in the need to determine the current state under the condition that:

$$\left. \begin{array}{l} \left\{ \exists \Delta\varphi(t), t \in [t_0, t_2], \Delta\varphi(t_0) = P(t_0), \Delta\varphi(t_2) = P(t_2); \right. \\ \left. \left\{ \forall i, j, t_{i,j} \in [t_0, t_2]: t_i < t_j \text{ mes}(P(t_i) - P(t_2)) > \text{mes}(P(t_j) - P(t_2)) \right\} \right\} \end{array} \right\}$$

- is a measure function.

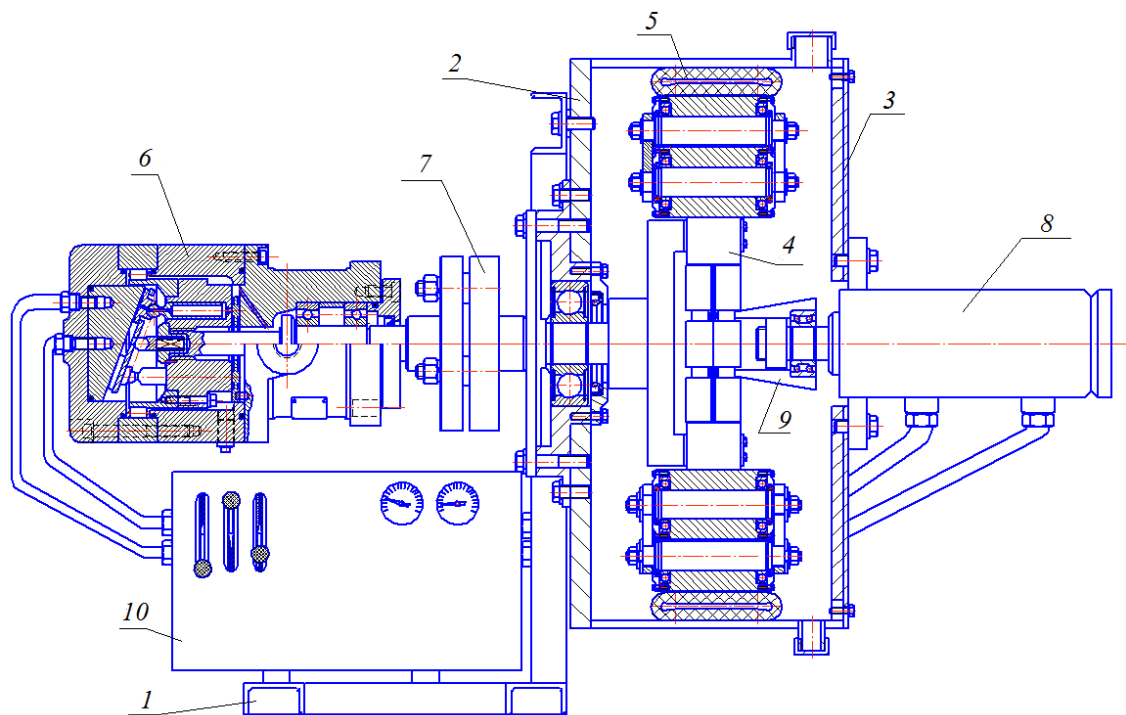


Fig. 1 Scheme of a hydraulic drive with an adjustable hydraulic motor: 1 – frame; 2 – housing of the drive machine; 3 – housing cover; 4 – rotor with rollers; 5 – flexible hose; 6 – hydraulic motor; 7 – coupling; 8 – hydraulic cylinder; 9 – conical tip; 10 - hydraulic distribution

At the same time, the change in the angle $\Delta\varphi(t) \neq 0$ of rotation is not known at all (Fig. 2a)). The second statement of the problem: determine $(t_1, P(t_1))$ under the condition:

$$\left\{ \begin{array}{l} \exists \Delta\varphi(t), t \in [t_1, t_2], \Delta\varphi(t_1) = P(t_1), \Delta\varphi(t_2) = P(t_2); \\ \forall i, j, t_{i,j} \in [t_1, t_2]: t_i < t_j, \text{mes}(P(t_i) - P(t_2)) > \text{mes}(P(t_j) - P(t_2)), |t_1 - t_2| \rightarrow \min \end{array} \right\}$$

i.e. to perform quick identification when changing the states of the GSRP (Fig. 2b).

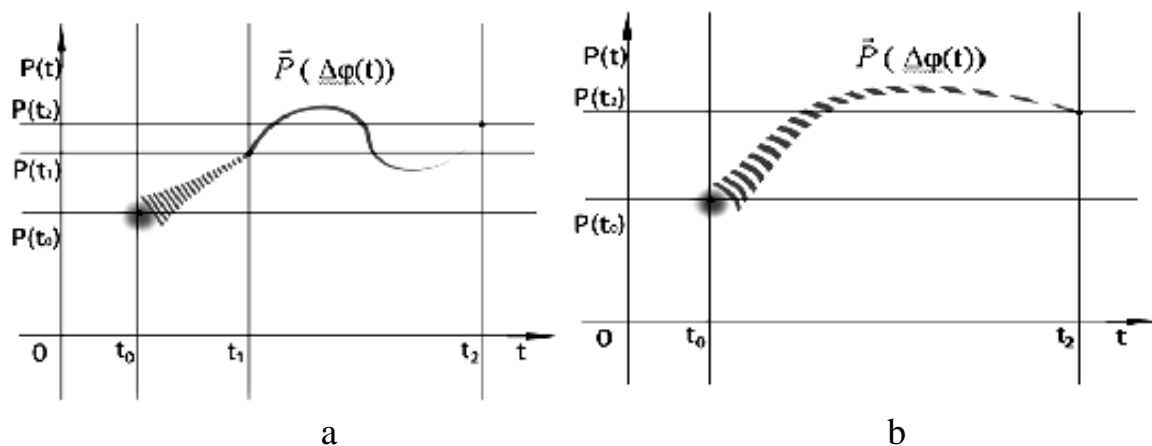


Fig. 2. Change of states according to: a) a priori known information; b) identification

Structural identification is reduced to the choice of a mathematical model that describes the functioning processes of the research object.

Thus, the set of sets (Fig. 3) forms the basis of the model that simulates the hydraulic drive test.

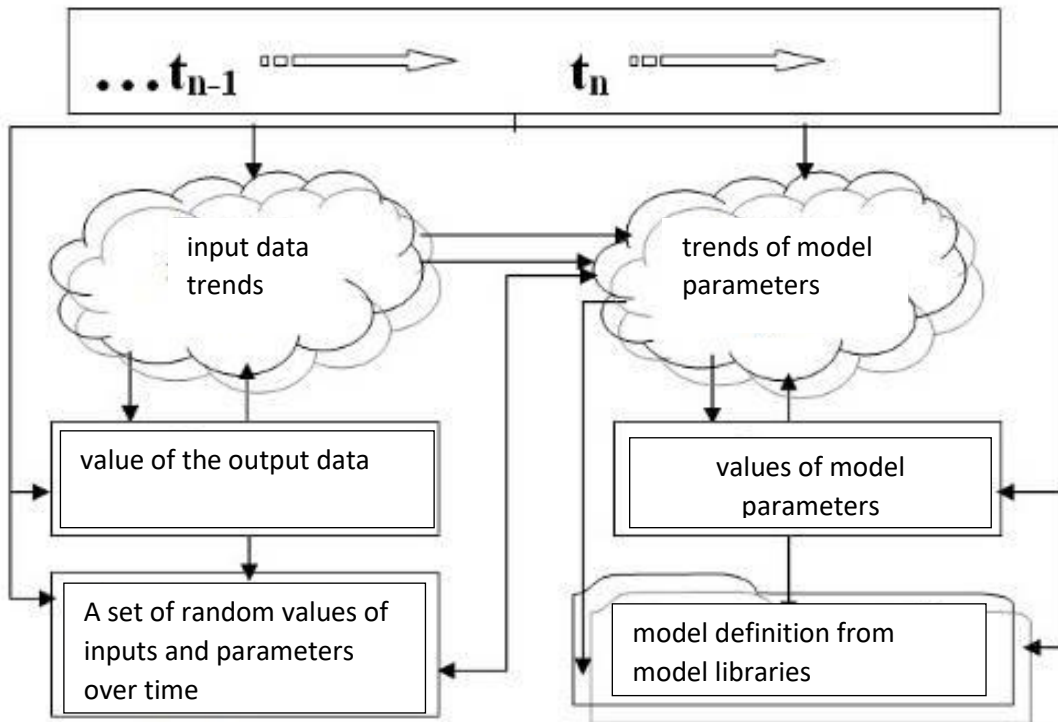


Fig. 3. Data structure for simulating a test of a hydraulic drive with an adjustable hydraulic motor

Modeling in terms of Petri nets is carried out at the level of events - basic states of the model, and transitions (actions) between them. Note that the phase portrait corresponds to a set of values of the parameters of the GSRP mathematical model.

The set of Petri net events is defined and described using the tab. 1.

Tab. 1. States of the adjustable tracking hydraulic drive

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
#	#	0	#	#	1	#	#	#	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1
#	#	#	1	#	#	0	#	#	#	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	23
#	#	#	#	0	0	#	#	#	#	0	0	#	#	#	#	#	#	#	#	4
0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	5
1	1	0	#	#	#	#	#	#	0	#	#	0	1	1	0	1	1	0	1	6
#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	7
1	0	#	1	0	1	1	0	#	%	#	#	#	#	%	#	#	#	#	#	8

Notes:

"0" ("1") - the coefficient for the phase portrait is significant and is equal to 0 ("1");
 "#" - the coefficient for the phase portrait is significant and is equal to "0" or "1"; % -
 the coefficient for the phase portrait is significant when the value is "0" and "1" at the
 same time.

Each column of the table 1 corresponds to one of the partial solutions of the system (phase portrait), and the set of all solutions constitutes the mathematical model of the GSRP. The row number of the corresponding column is the parameter index of the reduced system of differential equations.

The researched conceptual model of input data as statistical time series, the task of processing which is reduced to three tasks: the task of system identification; diagnostic tasks of GSRP tasks of determining the adequacy of the model.

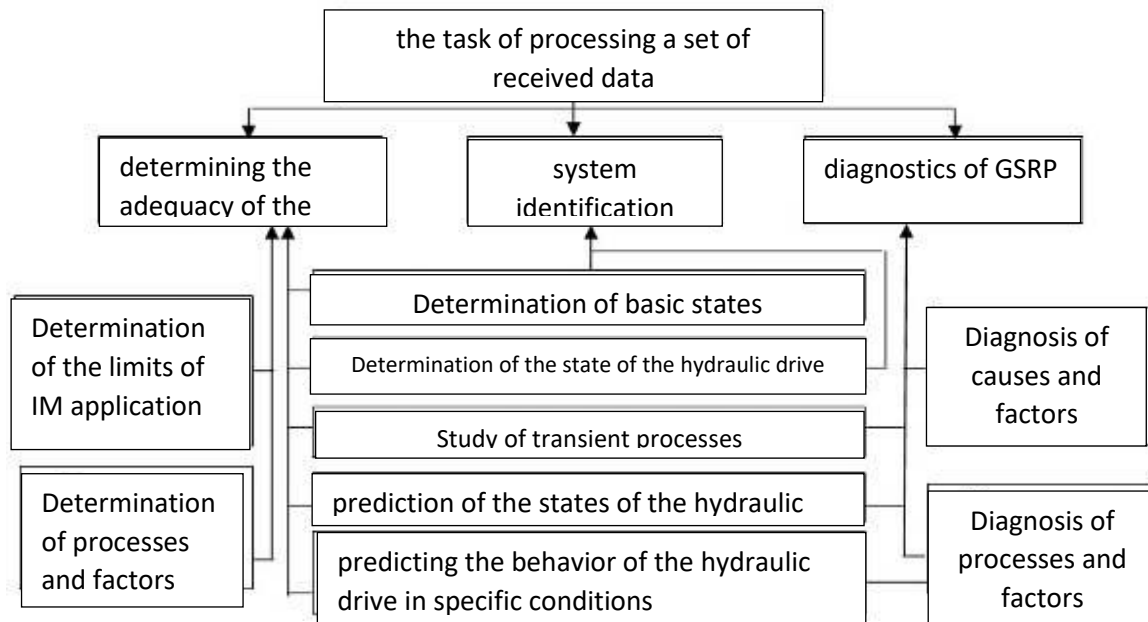


Fig. 4. The structure of research tasks of the GSRP simulation model

Conclusions:

1. A structural and functional analysis of the hydraulic follower drive as an executive and monitoring element of the machine system, the quality of which is determined by the ability to ensure compliance with a given state with a given reliability under certain restrictions, was carried out. The main structural components of the GSRP, states and transitions that determine the process of its functioning are defined.

2. The task of increasing the efficiency of the process and the quality of the design is urgent, since the GSRP are quite complex and multi-parameter systems. The

construction of integrated simulation models of states as a basis for the CAD of GSRP machines is a promising direction for solving the given problem.

3. In order to support synthesis decision-making, the development of adaptive information technology for monitoring and diagnosing the state of the gas turbine, through the study of multidimensional simulation models of the maximum possible level of integration and methods of operational analysis of structures, data and models, is the basis for the construction of integrated models.

References

1. Sydoruk O. Engineering of machine systems: Monograph. K: NSC "IMESG" UAAS, 2007. 263 p.
2. Clifford F. Gray, Eric W. Larson. Management aboutektami: Practical guide. / Per s eng. – M.: Delo i servis, 2007. 608 p.
3. ISO 1007. Administrative quality management. Configuration management guidelines. International standard. 1995. 14 p.
4. Tarasyuk G.M. Project management. Zhytomyr: ZhDTU, 2004. 470 p.
5. Tian R. B., Kholod B. I., Tkachenko V. A. Project management: Textbook. - K: Center for Educational Literature, 2003. 224 p
6. Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives / Ed. by T.M. Basht. M., 1972. oshchinin A.I., Savin I.F. Hydraulic and pneumatic devices on construction and road machines. M., 1965.
7. Lovkis E.V. Hydraulic drives of agricultural machinery: construction and calculation. M., 1990.
8. Robotics. Automatic manipulators and robotic systems / Ed. member – cor. AN SSSR E.P. Popova. M., 1984.
9. Computer-aided design of machine-building hydraulic drive / Ed. by S.A. Ermakov. M., 1988.

Section 3.
Information technologies in agro-industrial complex.

**ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ДЛЯ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*I. В. Пулеко¹, к.т.н., доцент, В. О. Чумакевич² к.т.н., доцент
В. В. Пташник³ к.т.н., доцент, А. Є. Місін⁴ доцент*

¹Державний університет «Житомирська політехніка»

²Національний університет «Львівська політехніка»

³Львівський національний університет природокористування

⁴Національна академія сухопутних військ

Abstract. In the current state of the Silk state, promising is the establishment of a group of unimportant literary devices from the vicarious elements of the theory of swarm keruvannya. On osnovi analizu information The vimogi to keruvannya with such a GROUP that zagalnih PROVISIONS teoriiї funktsionalnoї stiykosti visunuto taki vimogi: obtaining information about the mutual position of the UAV in space and in the group, working capacity of its onboard equipment, to ensure the detection of deviations in the normal functioning and, if necessary, to redistribute resources within the UAV swarm system.

Key words: functional stability, unmanned aerial vehicles (UAVs), group of UAVs, swarm control theory, serviceability control, restorability

В сучасному сільському господарстві все більше застосування знаходять безпілотні літальні апарати (БПЛА). Вони слідкують за дозрівання врожаю, обприскують посіви спеціальними рідинами та речовинами, охороняють територію від несанкціонованого проникнення тощо. Останні дослідження вказують на більшу ефективність застосування групи БПЛА. Сутність такої технології полягає в розподіленні різноманітних задач між апаратами в групі. Для ефективного керування БПЛА в групі на допомогу приходить теорія ройового керування. Процес керування групою апаратів підпорядковується загальній меті, залежить від умов навколишнього середовища та поведінки апаратів в групі тощо (рис. 1).

Взаємодія апаратів в групі розглянута в роботах [1 – 3]. Однак в цих дослідження не вказується, як реагувати на зміни в середині групи, яки викликані зовнішніми перешкодами та відмовами самих апаратів. Саме ці питання розглядає теорія функціональної стійкості в роботах професорів Машкова О.А., Барабаша О.В., Кравченка Ю.В., Коробчинського М.В. [4 - 7] тощо. Сутність даної теорії полягає в утриманні об'єкта або групи об'єктів в межах заданого поля станів, контролю його працездатності та відновлюваності.

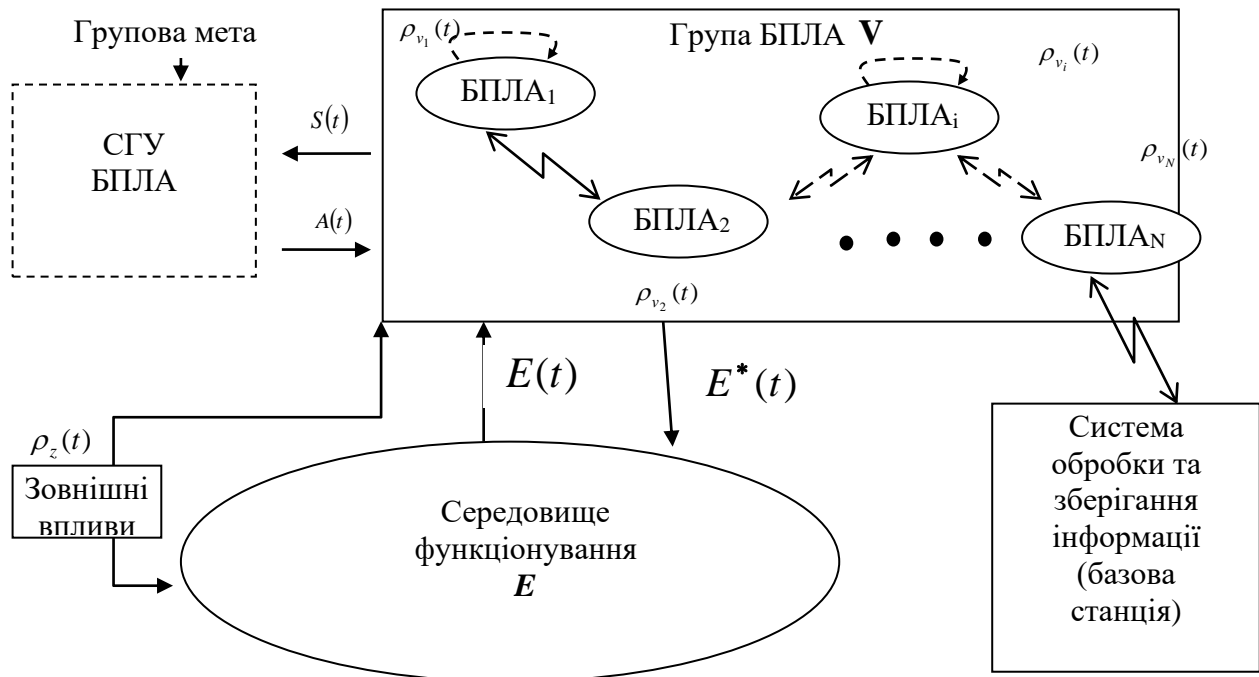


Рис.1. Узагальнена схема інформаційної системи управління

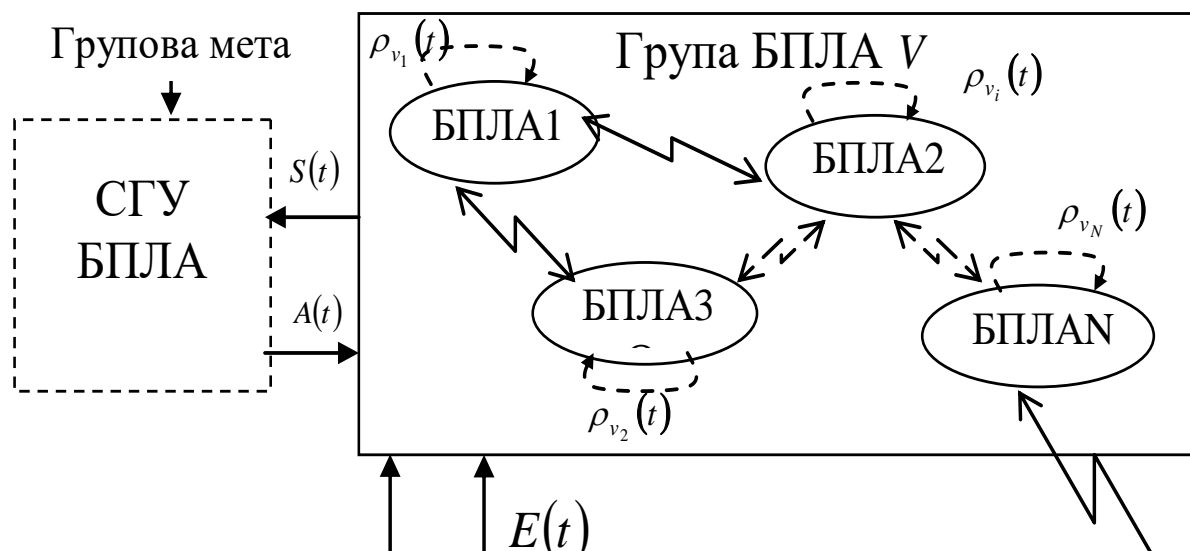


Рис. 2. Узагальнена схема управління групою БПЛА

Таким чином для створення функціонально стійкої інформаційної технології керування групою безпілотних літальних апаратів необхідно: мати достовірну інформацію про положення БПЛА в просторі та групі, стан його бортової апаратури, забезпечити виявлення відхилень в нормальному функціонуванні та, у разі потреби, перерозподілити ресурси в середині системи рою БПЛА.

Проведені дослідження дозволили сформулювати умови для створення функціонально стійких інформаційних технологій керування групою БПЛА.

Бібліографічний список

1. Leonov, A.V., Litvinov, G.A., Shcherba, E.V. Simulation and comparative analysis of packet delivery in flying ad hoc network (FANET) Using AODV.

- International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM 2018-July,8434931, p. 71-78.
2. Muneer Bani Yassein “Nour Alhuda” Damer Flying Ad-Hoc Networks: Routing Protocols, Mobility Models, Issues. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 7, No. 6, 2016 p. 162-168.
 3. Park, J.-H., Choi, S.-C., Kim, J., Won, K.-H. Unmanned Aerial System Traffic Management with WAVE Protocol for Collision Avoidance. International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN 2018-July,8436836, p. 8-10.
 4. Mashkov O, Sobchuk V, Barabash O, Dakhno N, Shevchenko H and Maisak T 2020 Improvement of variational-gradient method in dynamical systems of automated control for integro-differential models. *Mathematical Modeling and Computing* **6** 344–357.
 5. Mashkov O and Kosenko V Restoration of information in on-board information and controlling complexes of movable objects in emergency situations Proceedings of the 2nd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science (Lviv-Shatsk: CEUR) pp. 471–490.
 6. Barabash O, Kravchenko Yu, Mukhin V, Kornaga Y and Leshchenko O 2017 Optimization of parameters at SDN technologie networks. *International Journal of Intelligent Systems and Applications* **9** 1-9.
 7. Maxim Korobchinskyi, Sergii Babichev, Volodymyr Lytvynenko, Aleksandr Gozhyj, Mariia Voronenko A Fuzzy Model for Gene Expression Profiles Reducing Based on the Complex Use of Statistical Criteria and Shannon Entropy The First International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications (ICCSEEA2018) 18-20 January 2018, Kiev, Ukraine National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” *Advances in Intelligent Systems and Applications*, Vol.754, 2019. pp. 545-555.
 8. V. Mashkov and V. Lytvynenko, “Method for unit self-diagnosis at system level,” *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, vol. 11, # 1, pp. 1-12, 2019.

**APPLICATION OF A CONTROL SYSTEM FOR MICRO-INSTALLATIONS
PRODUCING AGRICULTURAL BIOGAS FOR INDIVIDUAL NEEDS
OF A FARM**

D. Anders, Ph.D., B. Dybek, Ph.D., G. Wałowski, DSc

Institute of Technology and Life Sciences-National Research Institute, Poland

Abstract. The article presents the concept of a micro biogas plant control system. For the needs of a specific installation, an electrical installation design and a control system based on the PLC controller and a HMI SCADA visualization system has been made. The selected techniques were reviewed and their technological aspects were characterized.

Key words: Agricultural biogas, control system, mechanical agitator, intensification, circulation system, PLC, HMI SCADA

There are many possibilities [1] to carry out anaerobic digestion, but the most important is to choose the mode of operation [2] of the fermentation chamber. The chambers are most often built on the surface of the ground, and are less often recessed. It is also possible to completely recess the chambers in the ground, which allows for better thermal insulation, but makes it difficult to access its interior or auxiliary equipment [3].

The substrate pre-treatment system is a tank with instrumentation that enables grinding and mixing substrates to obtain the right consistency, and dosing, usually with pumps, into the fermenting chamber [4, 5].

The current state of knowledge on the exploitation of agricultural biogas plants concerns relatively large systems with a capacity of 250 kW to 3 MW and relatively simple technologies of using biomass produced mainly on arable lands. Numerous scientific reports relate to standard attempts to the anaerobic fermentation of substrates and co-substrates as a post-production residue and by-products generated by agricultural farms and in rural areas. Publications in this field provide information on the biogas capacity of individual biomass biogas types [6]. Much fewer accessible publications contain research results from the preparation of specific digestion mixtures from available substrates and co-substrates with already known biogas capacity [7]. This research is conducted by the Institute of Technology and Life Sciences in Poznan [7, 8].

The agitation system applied in the fermenter according to the invention of [9] provides homogenization of the fermentation mass composition, as well as addition of components which support the fermentation process, as regards quality. The by the process of conversion of pigs slurry (liquid manure) into biogas gets improved, providing biogas production in a simple and efficient manner. The rough surfaces of the tubes help to achieve better deposition of the fermentation bacterial flora.

Complex process of energy conversion requires adequate control to ensure stable work of the entire system. This task is well realized by PLC driver and HMI SCADA software. It allows to visualize the entire system, and preview of individual parameters [8].

The following devices were used to read the measured values and control of the actuators, data archiving and production process management:

- PLC driver - Astraada One ECC2250 (16 DI, 16DO, 12AI, 6AO),
- operator panel - Astraada AS43TFT1525.

The PLC driver software has been made in the open source CODESYS development environment. The controller reads the values from the sensors via analogue and digital inputs. On this basis, individual actuators (pump motors, valves) are actuated. All data via the MODBUS \ TCP IP bus goes to the operator terminal. The panel software was created using the ASTRAADA HMI CFG programming environment. This software is dedicated to this particular device. It allows the creation of an extensive production process management system. In addition to the

visualization of the installation, it is also possible to create trends, recipes, reports, logging historical data, logging events and changes introduced by the operator [10].

A pilot gas producing plant, using pig liquid manure, has been located on the premises of a farm with 1100 fattening pigs, kept in a slatted floor system. The production unit of raw biogas is a system of transport of biogas produced in a fermentation tank/vessel together with equipment/accessories, provides the fermentation process, its monitoring and regulation/control.

The agitator in the operating tank caused seizing and incomplete preparation of the substrate. Therefore, a system of three valves controlled in accordance with the algorithm had to be used. This resulted in the intensification of the substrate content in the fermentation tank for the biomass vertical circulation system and the freshly obtained biogas circulation system. The applied biomass mixing system ensures homogenization of the composition and temperature of the ferment, as well as the supply of specific ingredients that support the fermentation process qualitatively.

References

1. Oniszk-Popławska, A., Matyka, M. Raport końcowy z badania dziedzinowego. „Kompleksowa ocena uwarunkowań w zakresie produkcji biogazu w województwie lubelskim”. Regionalny System Zarządzania Zmianą Gospodarczą, (2012).
2. Jędrzak, A. Przegląd Komunalny (2001), 6.
3. Kowalczyk-Juśko, A. Biogazownie. Szansą dla rolnictwa i środowiska, (red. A. Grzybek), Wyd. Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Publikacja przygotowana w ramach Planu działania Sekretariatu Centralnego Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013, ISBN: 978-83-937363-0-0.
4. Głodek, E. Raport z projektu unijnego POKL.08.02.01-16-028/09 Źródła Energii Opolszczyzny – promocja, technologie wsparcie, wdrożenie. Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Inżynierii Materiałowej, Procesowej i Środowiska, Opole (2010).
5. den Boer, E., Szpadt, R. Materiały konferencyjne Politechnika Wrocławska, Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska, Dolnośląski Ośrodek Doradztwa Rolniczego we Wrocławiu 24 października (2013).
6. Karłowski, J., Kliber, A., Myczko, A., Golimowska, R., Myczko R., Materiały z „IV konferencji naukowej Polskiego Towarzystwa Agronomicznego pt. Agronomia w zrównoważonym rozwoju współczesnego rolnictwa”. Warszawa 5-7 września (2011), pag. 104.
7. Myczko, A., Myczko, R., Kołodziejczyk, T., Golimowska, R., Lenarczyk, J., Janas, Z., Kliber, A., Karłowski, J. Dolska, M. [w:] Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych, (red. A. Myczko), Wyd. ITP. (sfinansowane przez Europejski Fundusz Rolny), Warszawa-Poznań (2011), pag. 137.
8. Szymenderski, J., Typańska, D., “Control model of energy flow in agricultural biogas plant using SCADA software”, Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), 2016 17th International Conference, 2016

9. Myczko, A., Kołodziejczyk, T., Aleszczyk, Ł., Myczko, R., Łaska-Zieja, B., Jędrusiak-Wrzesińska, E., Wałowski, G., Sawiński, R., 2018. Monosubstrate fermentor for methane slurry fermentation. Poland. Patent application P.424291 dated 22.01.2018 r.
10. Budnik, K., Szymenderski, J., Wałowski, G. Control and Supervision System for Micro Biogas Plant. Conference materials: 19th International Conference Computational Problems of Electrical Engineering, 9-12.09.2018, Banská Štiavnica, Slovak Republic, DOI 10.1109/CPEE.2018.8506994

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ

Шеремета Р.Б., к.т.н.

Львівський національний університет природокористування

Abstract. To study the parameters of productivity and power consumption of the hammer crusher, a hardware-software complex has been developed. To develop the software, the algorithmic language of graphical programming in the LabVIEW environment was used. This complex allows you to display and record instantaneous values and changes in power consumption, engine speed and crusher performance and process measurement results in real time.

Key words: crusher, power consumption, productivity, LabVIEW.

Для дослідження параметрів молоткової дробарки розроблений апаратно-програмний комплекс, який дозволяє відображати і реєструвати миттєві значення й зміни споживаної потужності, обертів електродвигуна, а також продуктивності дробарки і обробляти результати вимірювань у реальному масштабі часу.

Для експериментальних досліджень як основу було використано молоткову дробарку, електродвигун, частотний перетворювач, персональний комп'ютер, давач напруги, плату *Arduino Uno* на базі мікроконтролера *ATmega328P*, давач струму, давач обертів і тензодавачі. Схема розробленого стенда зображена на рис. 1, а загальний вигляд – на рис. 2.

Стенд (див. рис. 1, 2) складається з молоткової дробарки 1, що розміщена на рамі й приводиться в рух за допомогою електродвигуна 2, оберти якого на різних режимах роботи змінюються частотним перетворювачем 3 марки *WEG CFW08*. Споживана потужність визначається за допомогою вимірювання струму і напруги на одній з фаз живлення електродвигуна. Для вимірювання струму використано аналоговий датчик *TA12-100*, що дозволяє вимірювати змінний струм від 0 до 5А.

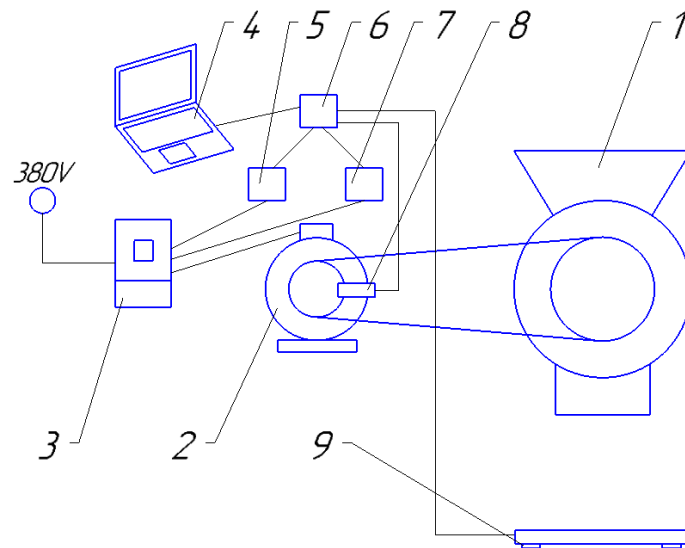


Рис. 1. Схема стенда для проведення експериментальних досліджень:
 1 – молоткова дробарка; 2 – електродвигун; 3 – частотний перетворювач;
 4 – ПК; 5 – давач напруги; 6 – плата *Arduino Uno*; 7 – давач струму; 8 – давач
 обертів; 9 – тензодавачі



Рис.2. Загальний вигляд стенда

Також розроблено схему (рис. 3) з використанням діодного моста і оптопари *PC817* для безпечного підключення та вимірювання змінної напруги на одній з фаз електродвигуна за допомогою мікроконтролера.

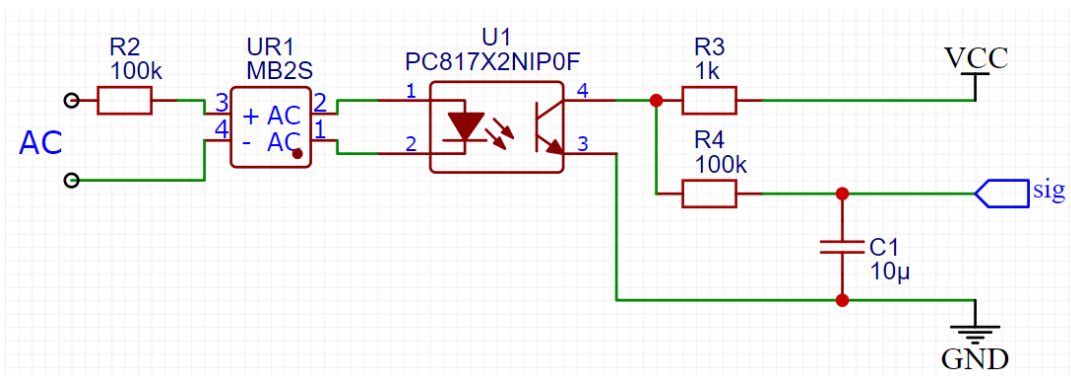


Рис. 3. Схема вимірювання змінної напруги

Для визначення обертів електродвигуна використано давач оптичний модуль *KY-033*, що дає змогу фіксувати час, за який двигун виконає один повний оберт.

Миттєве значення продуктивності визначало чотири напівмостовими тензодавачами, що з'єднані у мостову схему (рис. 4). Для роботи з цими тензодавачами задіяна спеціалізована мікросхема *HX711*, яка має АЦП з роздільною здатністю 24 біт, завдяки чому забезпечується висока точність вимірювань. Модуль працює з частотою вимірювання 80 Гц та забезпечує коефіцієнт підсилення 32, 64 або 128.

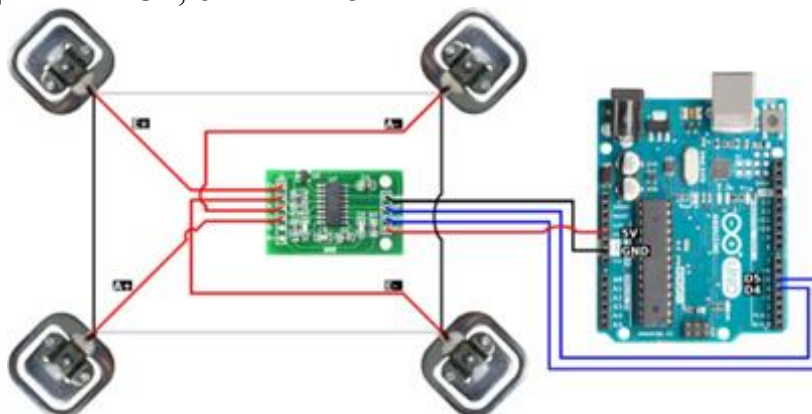


Рисунок 4 – Схема під'єднання тензодавачів через мостову схему до модуля *HX711*

Для розроблення програмного забезпечення використана алгоритмічна мова графічного програмування у середовищі *LabVIEW* [1].

Для комутації сигналів від давачів до програми, створеної у середовищі *LabVIEW*, використано електронну платформу прототипування з відкритим кодом – *Arduino*, а саме плату *Arduino Uno R3* на базі 8-бітного *AVR* мікроконтролера *ATmega328P*. На платі знаходиться 14 цифрових, а також 6 аналогових входів/виходів. Ввід/вивід сигналів програмної частини вимірювального комплексу здійснюється через послідовний порт (*UART*).

На фронтальній панелі віртуальних приладів (рис. 5), що являє собою екранний інтерфейс, встановлюються прилади відображення інформації та управління процесом вимірювання, а на блок-діаграмі, яка є програмною частиною системи, відображено необхідний набір віртуальних приладів (ВП) та

здійснено з'єднання їх у вимірювальну систему, яка забезпечує необхідні функції.

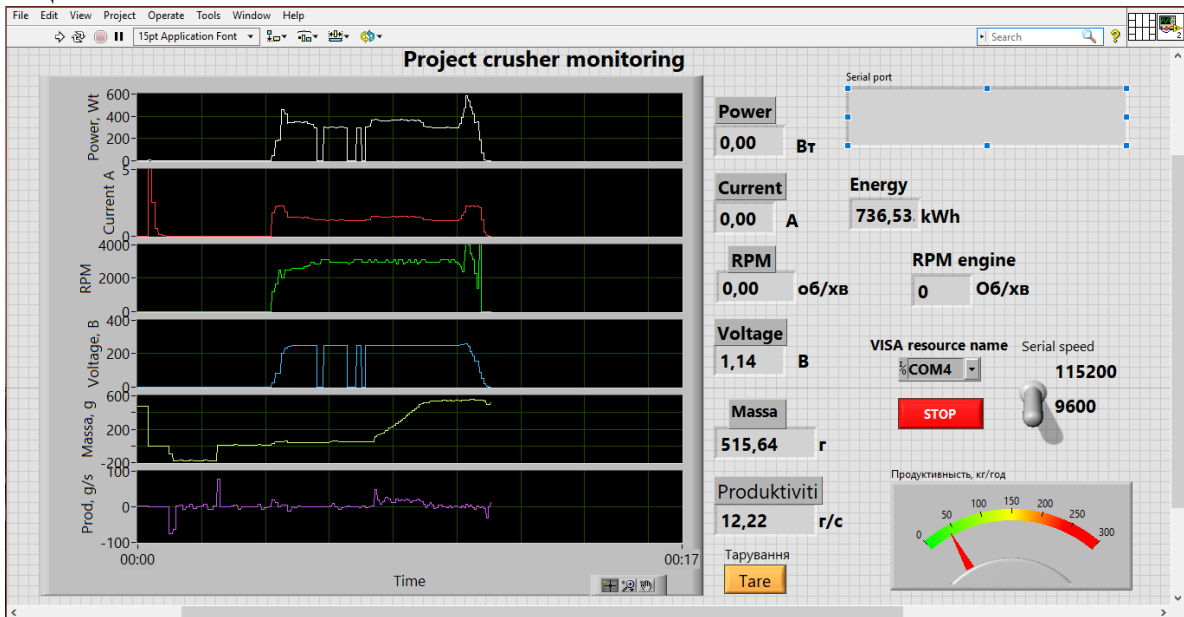


Рисунок 5 – Робоче вікно монітора ПК для експериментального дослідження параметрів роботи молоткової дробарки

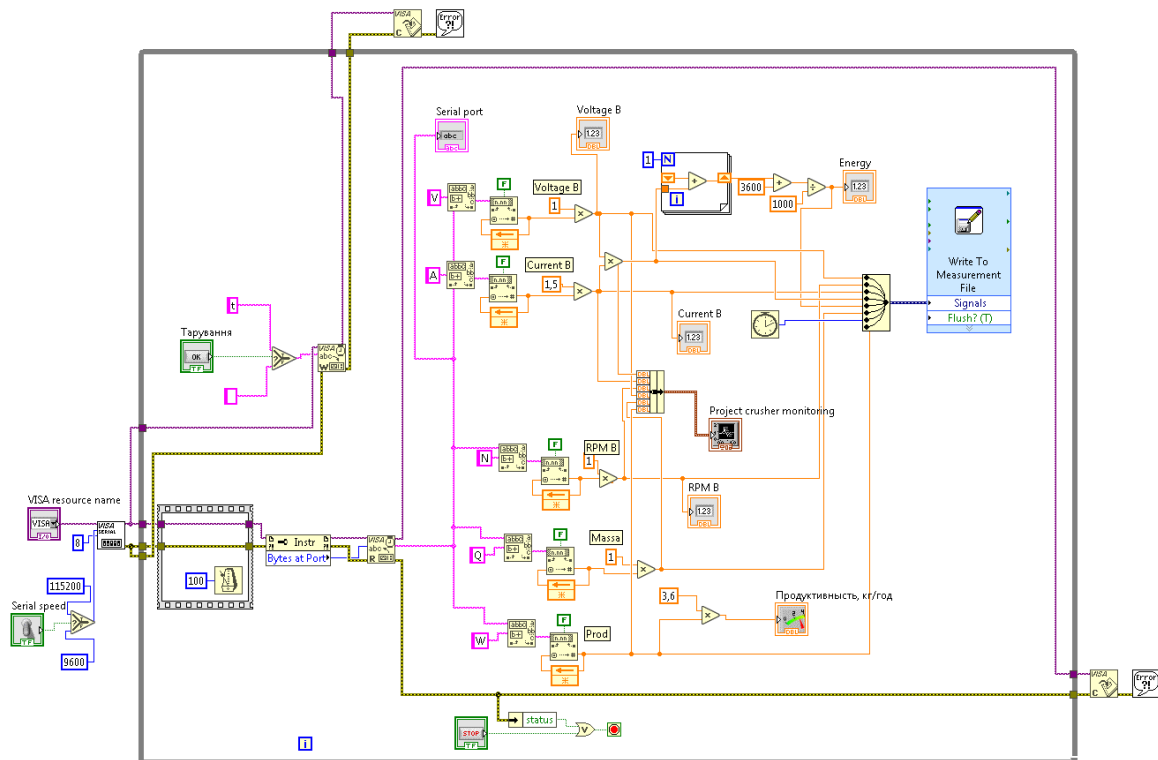


Рисунок 5 – Панель блок-діаграми функціонального взаємозв'язку між елементами вимірювальної системи

Вхідними сигналами, що надходять до вимірювальної системи, є сигнали від датчиків струму, напруги, обертів та від тензодавачів.

Програмну частину комплексу для дослідження молоткової дробарки забезпечує програмний комплекс *LabVIEW* фірми *National Instruments*.

Розробку програмного забезпечення проводили в даному середовищі із застосуванням прикладів програмування на *LabVIEW* [1, 2].

Функціональні взаємозв'язки між елементами і панель блок-діаграми віртуального осцилографа зображено на рис. 6.

Було проведено калібрування показників усіх давачів за допомогою порівняння їхніх значень із показниками еталонних приладів. Зокрема, вимірювання струму проводили спеціальними кліщами, напруги – за допомогою вольтметра, давача обертів – лазерним тахометром. Калібрування тензодавачів проводилося з використанням спеціального програмного коду та еталонної ваги з діапазоном вимірювання 0–500 г, у результаті чого отримано калібрувальний коефіцієнт конкретно для даної схеми з'єднання тензодавачів, який становить 24,73.

Програмно-апаратний комплекс для дослідження параметрів роботи молоткової дробарки забезпечив максимальне наближення його роботи до виробничих умов, а застосування програмного комплексу *LabVIEW* фірми *National Instruments* дозволило відобразити, записати та проаналізувати миттєві значення зміни досліджуваних параметрів, а також математично обробити й проаналізувати отримані результати в реальному масштабі часу.

Бібліографічний список

1. Пейч Л. И., Точилин Д. А., Поллак Б. П. *LabVIEW для новичков и специалистов*. Москва: Горячая линия-Телеком, 2004. 384 с.
2. Тревис Дж. *LabVIEW для всех.* / пер. с англ. Н. А. Клушина; под ред. В. В. Шаркова, В. А. Гурьева. Москва: ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. 544 с.

CONTROLLING THE LIGHTING PARAMETERS OF THE BIOREACTOR OF PHYTOTROPHIC CULTURES

*B. Brzychczy PhD, J. Giełżecki PhD, T. Jakubowski DSc
University of Agriculture in Krakow*

Abstract. The project submitted to the Patent Office of the Republic of Poland (application number P. 429507 "System for the cultivation of photosynthetic microorganisms") assumes an automatic control system for the PAR radiation intensity of a bioreactor for the cultivation of phototrophic organisms. The follow-up arrangement of a cylindrical light coat is based on LED lighting, the automation of which ultimately provides protection, control and piloting along with the optimization of all the basic parameters of phytotrophic crops, including: monitoring of light radiation in the reactor space, temperature, optical density, feeding of various gases and nutrients. All functions can be supervised by proprietary control software, which provides an intuitive and dynamic interface for online monitoring and visualization of measured data, as well as creating user-defined protocols.

Keywords: bioreactor, photobioreactor, LED lighting system, automatics of photobioreactor, automatics of bioreactor lighting system, microalgae.

Figure 1 presents a block diagram of the automation of the follow-up system for providing additional lighting for phytotrophic cultures in the bioreactor. Figure 2. Shows the automatic lighting control system for phytotrophic farms,

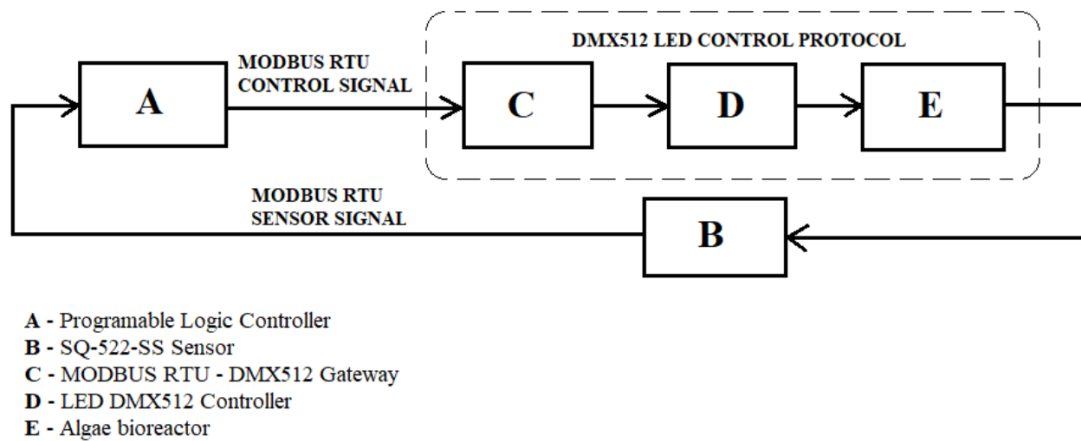


Fig. 1. A schematic diagram of the automation of the follow-up lighting system for phytotrophic cultures in a bioreactor



Fig. 2. Automation of the lighting control system for phytotrophic farms

On the way to find the effective use of the energy of light radiation, a system was used, which, thanks to the study of the light spectrum at each given point in the reactor space, will enable optimization and distribution of radiant energy. The authors assume that the proposed system will allow for the active simulation of lighting conditions characteristic for a given species in a given geographical location, which the species receives. The built-in PBR model aims to maximize the efficiency of the conversion of radiant energy. For this purpose, a method of collecting information about the spectrum and light distribution using a spectrophotometer and a control system using the collected data was proposed.

References

1. <https://www.apogeeinstruments.com/ac-422-modbus-to-usb-converter> (Access date: 02.09.2022).
2. Legierski T., Kasprzyk J., Wyrwał J., Hajda J.: „Programowanie sterowników PLC”, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice, 1998
3. https://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Promieniowanie_czynne_fotosyntetyczne&oldid=67393620 (Access date: 02.09.2022).
4. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Daisy_chain_\(electrical_engineering\)&oldid=1069160493](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Daisy_chain_(electrical_engineering)&oldid=1069160493) (Access date: 04.09.2022).
5. <https://www.apogeeinstruments.com/ac-422-modbus-to-usb-converter> (Access date: 05.09.2022).

METHODOLOGY FOR FORECASTING THE RESOURCE OF DIESEL UNITS AND UNITS IN A BIOFUEL ENVIRONMENT

D. Zhuravel, DSc

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

Abstract. The peculiarities of the methodology of forecasting the resource of diesel engine assemblies and units are considered. It was established that the determination of the resource of the main functional systems and the residual resource of the tractor as a whole is based on the dependence of the marginal wear of parts of units and aggregates, taking into account the materials of the friction pairs, the environment and operating conditions, which are characterized by the coefficients of wear, environment and operating modes.

Key words: methodology, biodiesel, forecasting, resources of nodes and aggregates.

Дослідження базувалося на розробці методології оцінки триботехнічних властивостей біодизельного палива з використанням електронних освітніх ресурсів MATLAB/Simulink, Go-Lab та Phet.Colorado. Це дало змогу нам візуально оцінити вплив біодизельного пального на поверхневу структуру

матеріалів поверхонь тертя та використовуючи отримані експериментальні дані спрогнозувати ресурс вузлів і агрегатів дизеля в цілому.

Серед переваг біодизельного палива, порівняно з іншими джерелами енергії, слід відзначити наступні: біодизельне паливо отримують з відновлюваних ресурсів; його хімічні властивості дуже близькі до нафти. Паливо має хороші змащувальні властивості і при попаданні в ґрунт швидко розкладається бактеріями. Використання біодизеля значно зменшує викиди парникових газів, вуглеводнів, чадного газу, сажі та канцерогенів; зменшується задимлення відпрацьованих газів. Ці показники можуть позитивно позначитися на терміні служби дизельного двигуна. Однак є недоліки, які необхідно усунути: біодизель посилює хімічне зношування матеріалів деталей дизельного двигуна, оскільки є більш агресивним, ніж звичайне дизельне паливо.

Встановлено, що погіршення протизносних властивостей при підвищенні вмісту меркаптанів і метанолу в біодизелі призводить до виділення вільного водню при розкладанні. При низькому їх вмісті водень витрачається на відновлення оксидів та інших продуктів корозії, присутніх на поверхнях тертя, а коли їх вміст вищий, водень, взаємодіючи зі сталевим контртілом, призводить до водневого зносу.

Для визначення стійкості матеріалів деталей сполучення до зношування в різних середовищах прийнято коефіцієнт зносу, який є узагальненим показником силових, конструкційних і швидкісних параметрів деталей трибоспряжень.

Для оцінки ступеню впливу біопального на конструкційні матеріали нами введено поняття коефіцієнта активності, який характеризує відношення кількості десорбованих частинок для різних металів в середовищі біодизеля і мінерального дизельного пального, який становить $K(\xi)=1,05\dots 1,12$, в залежності від матеріалів трибоспряжень.

Ми звернули також увагу на виникнення статичного зношування третьових з'єднань яке проявляється в процесі простоїв техніки. У зв'язку з цим нами було введено поняття коефіцієнта режиму роботи, значення якого становить $K_t=0,78\dots 0,92$. Мінімальний знос мають сталі з вмістом хрому 2,5...3% і більше. Тому сталі, які в даний час використовуються в якості конструкційних матеріалів практично неповинні використовуватися при роботі в середовищі біопального оскільки у них вміст хрому становить 1,5...2%.

Десорбція частинок матеріалів в середовище біопального є важливим показником оцінки їх поведінки. Однак, більш повну картину нам дали результати дослідження процесу зношування. Зазначені дослідження проводились на спеціально виготовленій установці, яка забезпечувала тертя пари типу «ролик-колодка». Були випробувані найбільш розповсюджені матеріали для виготовлення відповідальних елементів функціональних систем. Результати випробувань різних матеріалів на машині тертя дозволяють

стверджувати, що висунута раніше гіпотеза про ступінь швидкості зношування різних конструкційних матеріалів в залежності від їх структури і хімічного складу підтверджується.

Експериментальні триботехнічні дослідження впливу біопальних на поведінку різних матеріалів показали, що при використанні цього виду пального необхідно замінити матеріали з яких виготовленні деякі деталі функціональних систем.

В якості об'єктів дослідження були обрані матеріали деталей: втулка була виготовлена із сталі ШХ15 з твердістю поверхні 60-62 HRC; колодка: бронза Бр ОСЦ 5-5-5; сірий чавун СЧ 20; Сталь 45 (термічно оброблена); алюміній А0.

Для того, щоб прогнозувати ресурс спряжень, наприклад «гільза циліндра-поршневі кільця», необхідно знати, як будуть вести себе деталі в процесі експлуатації, а також який буде мати місце вид зносу. Метою є встановлення аналітичних і експериментальних залежностей для прогнозування строків наробітку до відмови спряжень через коефіцієнт зносу. В свою чергу, знаючи строки наробітку до відмови можна дати прогноз по агрегату в цілому.

Оскільки ресурс агрегату визначається зносом основних сполучень, то знаючи по розрахункових схемах величину граничного зносу $[U_{gr}]$ окремих трибоспряжень, можна визначити граничний наробіток вузлів і агрегатів T циліндро-поршневої групи.

Визначено, що використання біодизельного пального в роботі мобільної сільськогосподарської техніки негативно впливає на надійність її функціональних систем. Серед факторів, що викликають зниження надійності, найбільш значущі умови експлуатації (15...20%) та режими роботи (50...60%) та фізико-хімічні властивості конструкційних матеріалів, що використовуються для виготовлення окремих елементів (25...30%).

Доведено, що біодизель є більш агресивним до конструкційних матеріалів порівняно з мінеральним дизельним паливом. Це пояснюється появою вільного водню на поверхні матеріалів, що сприяє утворенню оксидних плівок і проникненню водню в поверхневі шари металу, що сприяє водневому зносу. Нівелювання цієї негативної активності можливе за рахунок зменшення кількості метанолу в біодизелі.

Визначено аналітичні та експериментальні залежності для прогнозування часу роботи до виходу з ладу трибоспряжень «гільза циліндра - поршневе кільце» за рахунок коефіцієнта зносу.

Бібліографічний список

1. Zhuravel, D.; Samoichuk, K.; Petrychenko, S.; Bondar, A. et al. Modeling of Diesel Engine Fuel Systems Reliability When Operating on Biofuels. *Energies* 2022, 15, 1795.

2. Kaplan, M.; Klimek, K.; Maj, G.; Zhuravel, D. et al. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies* 2022, 15, P. 1–29.
3. Zhuravel D. [Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems](#). Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece 2021. Pp. 231-233.
4. Журавель Д.П. Оцінка надійності паливного насоса високого тиску дизельного двигуна при експлуатації на різних видах паливних. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Вип. 10. Том 2. Мелітополь, 2020. 11 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-9.
5. Журавель Д.П. Моделювання працездатності машино-тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі. Праці ТДАТУ. Вип. 19.Т.3. Мелітополь, 2019. С.57-68.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СХИЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕНАВАНТАЖЕНОЇ ЛІНІЙНОЇ БАГАТОШАРОВОЇ МОДЕЛІ ҐРУНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Л. М. Дяконюк¹, к.фіз.-мат.н., доцент, В. О. Чумакевич², к.т.н., доцент

В. В. Чумакевич¹, магістр, О. С. Недошовенко², магістр

¹Львівський національний університет імені Івана Франка

²Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. Розглянуто зміни метеорологічних умов на території України та зроблено висновок про зростання кількості опадів та стихійних лих. Як наслідок таких кліматичних змін будуть змінюватись несучі властивості та стійкість ґрунтів, що може привести до підвищення небезпеки під час проведення сільськогосподарських робіт на схилах пагорбів та гір. На основі лінійної багатошарової моделі ґрунту з використанням методу скінчених елементів показано можливості прогнозування зміни стійкості та несучих здатностей ґрунтів на схилах. Накреслено подальші напрямки досліджень.

Ключові слова: схил, стійкість, еквівалентні пластичні деформації, метод скінчених елементів

Останнім часом спостерігається збільшення кількості опадів в [1–3] вказується: «В Україні найпоширенішим стихійним метеорологічним явищем є дуже сильний дощ, що зумовлює катастрофічні зливи, селі, повені, затоплює значні території сільськогосподарських угідь, житлові та виробничі приміщення і навіть призводить до зміни ландшафту [1]. За 1986–2010 рр. зафіксовано 1355 випадків такого дощу (це 44 % від усієї кількості СМЯ, що спостерігалися в Україні в цей період). За даними [2] у середньому щорічно реєструється 53 випадки дуже сильного дощу.» Також в [3] наводиться рис. 1 та

наступна фраза: «Найвища повторюваність дуже сильних дощів (30 мм і більше за 12 годин і більше) для всієї території України характерна для літнього сезону – 61 %.» Таким чином можна констатувати, що значна кількість опадів та стихійних явищ відбквається саме в літні місяці, коли на поля виводиться велика кількість техніки.



Рис. 1. Повторюваність дуже сильних дощів для території України в різні місяці

Сучасне землеробство використовує ділянки не лише на рівнинній місцевості, а й на схилах пагорбів, гір тощо. Слід відмітити, що при такій кількості опадів зростає небезпека оповзнів, обвалів, зсувів ґрунту тощо.

Таким чином прогнозування стійкості схилів при зміні кліматичних умов та кількості вологи в ґрунті є актуальною задачею.

В ряді літератури [4 – 9] показано, що при зміні вологості шарів ґрунтів змінюються їх несучі здатність та стійкість. В результаті таких змін безпека проведення сільськогосподарських робіт на схилах пагорбів та гір знизиться. Тому необхідно прогнозувати зміну їх несучих можливостей та стійкості.

Під час досліджень стійкості схилу ми використовували метод скінчених елементів (далі МСЕ) [4–9]. Метод виник для вирішення завдань оцінки еластичності та структурного аналізу складних конструкцій в інженерії.

МСЕ-програми забезпечують широкий спектр можливостей моделювання контролю складності систем різного порядку.

Сутність методу полягає в чисельному знаходженні розв'язків інтегральних та диференціальних рівнянь у часткових похідних.

На рис. 2 – 3 наведено приклади програмної реалізації методу. Нажаль на даному етапі ми не завершили модуль моделі, який відповідає за побудову еквівалентних пластичних деформацій $\epsilon_{eq,pl}$, тому графічну інтерполяцію дотриманих даних здійснювали за допомогою програми Surfer (рис. 4).

В якості напрямку подальших досліджень будемо програмувати привантаження різних областей зони дослідження (рис. 5).

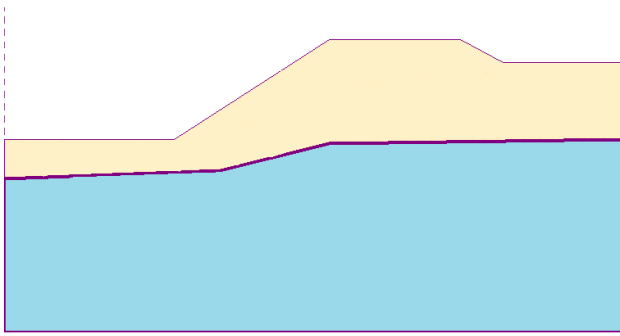


Рис. 2. Побудова кордонів ґрунтів

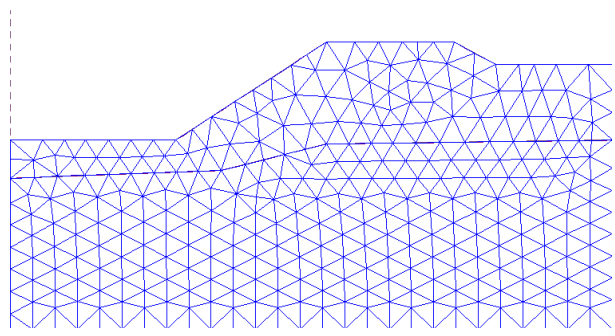


Рис. 3. Генерування триангуляційної сітки трикутних скінчених елементів

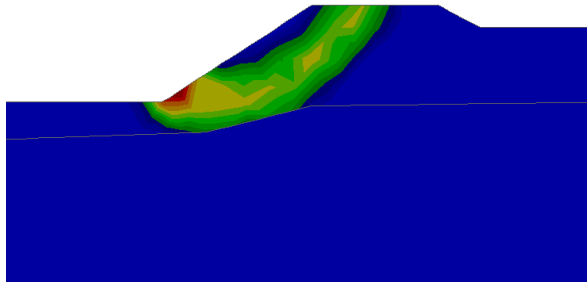


Рис. 4. Генерування еквівалентних пластичних деформацій $\epsilon_{eq,pl}$ в програмі Surfer

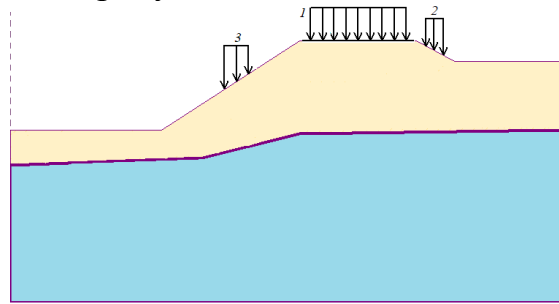


Рис. 5. Варіанти навантаження на схил

Використання математичного моделювання стійкості схилів дозволить підвищити безпеку проведення робіт.

Бібліографічний список

1. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1985–2005 рр.) / за ред. Ліпінського В.М., Осадчого В.І., Бабіченко В.М. К.: Ніка-Центр, 2006. 312 с.
2. Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2012-4-08.pdf>
3. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. Кліматичний форум східного партнерства (КФСП) та Робоча група громадських організацій зі зміни клімату (РГ НУО ЗК), 2014. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf
4. Корнієнко М. В. Основи і фундаменти: навчальний посібник. К.: КНУБА. 2012. 164 с.
5. ДБН В 1.2-2:2006. Навантаження і впливи. [Чинний від 2007-01-01]. К.: Мінбуд України, 2006. 75 с.
6. ДБН В 1.1-46:2017. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. [Чинний від 2017-11-01]. К.: ДП «Укрархбудінформ», 2017. 47 с.
7. Ягольник А.Н., Марченко В.И. Оценка устойчивости оползнеопасных склонов при изменении свойств грунтов. Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 1 (46). 2016. С. 164 – 173.

8. Шумінський В.Д., Степанчук С.В., Слободянік І.Ю., Степанчук Н.В., Костецька С.М. Оцінка стійкості схилу та гідрогеологічного режиму на період будівництва та експлуатації адміністративно-громадського комплексу по вул. І. Мазепи, 1 в м. Києві. Наука та будівництво. 4(18). 2018. С. 50 – 59. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v18i4.57>
9. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Наука, 1975. 392 с.
10. Кірічек Ю., Кочан С. Вплив зволоження ґрунтів на стійкість схилів.
11. Будівельні конструкції: міжвід. наук.-техн. збірник. Київ: ДП НДІБК, 2016. Вип. 83. Кн. 1. С. 427-432.
12. Кірічек Ю., Кочан С. Стійкість схилів на просідаючих ґрунтах / Проблеми геотехніки: збірник наукових праць другої міжнародної конференції. К.: КНУБА, 2017 - С.146-147.
13. Андреев С., Тютькин А. Л., Селихова Т.А. Математическое моделирование внецентренно нагруженных фундаментов на слоистых основаниях методом конечных элементов. Наука та прогресс транспорту. 2004. №4. С. 183-187.

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ «РОЗУМНА ФЕРМА»

*А.М.Желєзняк¹, к.е.н., В.В. Пташник¹, к.т.н.,
В.Б. Смолінський¹, к.е.н., Гошко Б.М.², к.ф.-м.н.*

¹*Львівський національний університет природокористування*

²*Львівський національний університет ім. Івана Франка*

Abstract. The study presents the structure of the information system with augmented reality "Smart Farm" and gives its description. The directions of the transformation of the "Smart Farm" information system are proposed, taking into account the main challenges and opportunities of the digital transformation of technological processes in agriculture.

Keywords: information systems, modelling, smart farm, augmented reality, agricultural enterprises.

З кожним роком сільське господарство все більше використовує розумні технології для вирішення виробничих завдань. Досить часто ці технології використовуються в окремих галузях сільського господарства або технологічних процесах. Зміна клімату та зростання цін на засоби захисту рослин, добрива, нафту, газ зумовлюють необхідність комплексного впровадження смарт-технологій у господарську діяльність господарств, що дозволить здійснювати управління в сільському господарстві на новому, якіснішому рівні.

Розумне землеробство є важливим для сільського господарства, оскільки системи точного землеробства можуть зменшити використання шкідливих

хімікатів і викиди вуглецю. Ефективне застосування систем розумного землеробства допомагає власникам сільськогосподарських угідь адаптуватися до змін клімату, зберігаючи належний рівень продуктивності у виробництві.

Технології моніторингу та управління в тваринництві дають можливість відслідковувати в режимі реального часу виробничі процеси, що є критично важливим у галузі, де стан здоров'я тварин має великий економічний вплив на галузь в цілому. Технології розумної ферми дозволяють оперативно збирати дані, підвищуючи рівень моніторингу та контролю за всіма сферами діяльності. Однією з таких перспективних технологій, однак до цього менш характерних для аграрної сфери, є технологія доповненої реальності [1].

Доповнена реальність — це технологія, яка накладає створене комп'ютером зображення на реальний світ користувача, забезпечуючи таким чином відповідне зображення.

Доповнена реальність може допомогти фермерам боротися зі шкідниками, має перспективи в точному землеробстві [2]. У функціоналі сучасної сільськогосподарської техніки присутні деякі елементи доповненої реальності. Завдяки віртуальній та доповненій реальності новий співробітник може відпрацьовувати певні сценарії в ігровому режимі та тренувати свої навички.

Технологія доповненої реальності може бути інтегрована в інформаційну «Розумна ферма».

Реалізація комплексного підходу щодо на етапі розробки та моделювання інформаційної системи, використання інтелектуальних технологій і доповненої реальності в сільському господарстві як джерела нових даних в сільськогосподарській галузі може призвести до появи нових компонентів Smart Farm Management Software. Ці модулі можуть бути пов'язані з обробкою даних у рослинництві та тваринництві: облік угідь, візуальний аналіз розташування полів, обробка супутникових знімків, польові дослідження за допомогою мобільних додатків, результати GPS-моніторингу обладнання, ГІС-технології та картограми, метеорологічні спостереження, технологічні карти, управління худобою та моніторинг.

Моделювання інформаційної системи «Smart Farm» на основі можливих сценаріїв цифрової трансформації підприємства, змін у системі та збору даних передбачатиме етапи від оцінки поточного стану автоматизації технологічних процесів в рослинництві та тваринництві до розробки та впровадження інформаційної системи з доповненою реальністю «Smart Farm».

Доповнена реальність та інші інтелектуальні технології прогресують у світі і вже впроваджені в багатьох галузях промисловості, включаючи сільське господарство.

Сільськогосподарські підприємці все ще бояться інвестувати в технології, оскільки вони просто не знають повного спектру можливостей доповненої реальності. Незважаючи на те, що сільське господарство раніше характеризувалося повільнішими темпами впровадження інноваційних

технологій, зниження їх вартості пришвидшило процес застосування розумних технологій, у тому числі доповненої реальності, у сільському господарстві.

Розробка ефективної та якісної інформаційної системи з доповненою реальністю «Smart Farm» з урахуванням усіх можливих напрямів цифрової трансформації фермерства дозволить приймати ефективні управлінські рішення у перспективі.

Бібліографічний список

1. Як доповнена реальність змінить агровиробництво? URL: <https://aggeek.net/ru-blog/yak-dopovnena-realnist-zminit-agrovirobnitstvo> (дата звернення: 20.09.2022).
2. Nigam A., Rabra P., Doke P. Augmented Reality in agriculture. *2011 IEEE 7th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*. 2011. doi: 10.1109/WiMOB.2011.6085361

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ РІЛЬНИЧОГО ГОСПОДАРСТВА

*Падюка Р.І., к.т.н., П.М. Луб, к.т.н., Татомир А.В., к.т.н.
Львівський національний університет природокористування*

Abstract. Managing projects for the production of agricultural products is an extremely complex and time-consuming process with a large number of uncertain factors that significantly affect the result. The main limiting factor during the management of such projects is the availability of appropriate land and production and technical resources. Studying the sufficiency of available resources, justifying their additional need, developing a work plan in projects is an important task during the management of these projects.

Keywords: project management, database, resources, information system.

Управління портфелем проектів з виробництва сільськогосподарської продукції надзвичайно складний та трудомісткий процес з великою кількістю невизначених факторів, що значно впливають на результат. Основним обмежувальним чинником під час управління портфелем проектів сільськогосподарського підприємства (СПП) є наявність відповідних земельних та виробничо-технічних ресурсів. До виробничо-технічних ресурсів відносяться трактори, сільськогосподарські машини, комбайни, приміщення та обладнання для первинної переробки та зберігання продукції тощо. Вивчення достатності наявних ресурсів, обґрунтування їх додаткової потреби, розробка плану робіт у проектах є важливим завданням під час управління портфелем проектів СПП.

Впровадження систем автоматизації управління проектами у сільськогосподарське виробництво дозволить мінімізувати ризики та значно ефективніше використовувати виробничо-технічні ресурси СПП. Однак, представлені на ринку системи не знаходять свого застосування у

сільськогосподарському виробництві. Це зумовлено тим, що для умов сільськогосподарського виробництва розглянуті програмні продукти є малоприменні, оскільки не враховують цілого ряду мінливих чинників, що суттєво впливають на проекти виробництва сільськогосподарської продукції. Існує необхідність адаптації існуючих систем з управління проектами до умов сільськогосподарського виробництва, чи створення цілком нових вузькоспеціалізованих програмних продуктів з управління проектами сільськогосподарського виробництва [1]. У свою чергу, така складна аналітична система не може існувати без створення відповідної бази даних. База даних — це структурована сукупність даних, які відображають стан об'єктів певної предметної області та зв'язки між ними [2].

База даних складається з двох частин: збереженої інформації та системи керування нею. Система керування базами даних – це програма, що забезпечує можливість створення бази даних та виконання різноманітних операцій із даними. База даних системи автоматизації управління портфелем проектів СГП сформована за реляційною моделлю і складається з наступних відношень (таблиць): 1) характеристик земельних ділянок на яких виконуються проекти портфелю; 2) характеристик робіт окремих проектів портфелю; 3) характеристик технічних ресурсів.

Кожна земельна ділянка задається кортежем із такими атрибутами: 1) площа; 2) середня довжина робочого гону; 3) середній схил рельєфу; 4) питомий опір ґрунту. Роботи окремих проектів портфелю задаються кортежем із такими атрибутами: 1) вид роботи (оранка, культивація, хімічний захист, тощо); 2) агротехнічно-зумовлений час виконання роботи; 3) технологічні параметри роботи (глибина обробітку, норма внесення тощо).

Відношення «технічні ресурси» поділяється на масиви: 1) енергетичні засоби; 2) сільськогосподарські машини; 3) самохідні сільськогосподарські машини та комбайни.

Масив «енергетичні засоби» задається множиною кортежів із такими атрибутами: 1) тягове зусилля; 2) тип рушія; 3) характеристики начіпної та гідравлічної систем; 4) питома витрата палива.

Масив «сільськогосподарські машини» задається множиною кортежів із такими атрибутами: 1) технологічне призначення; 2) робоча швидкість; 3) тяговий опір; 4) характеристики начіпної та гідравлічної систем.

Масив «самохідні сільськогосподарські машини та комбайни» задається множиною кортежів із такими атрибутами: 1) технологічне призначення; 2) робоча швидкість; 3) питома витрата палива.

Система керування базами даних забезпечує розрахунок техніко-експлуатаційних показників технічних ресурсів, які в подальшому використовуються прикладною програмою, а саме годинну продуктивність та витрату енергетичних ресурсів машино-тракторними агрегатами та самохідними сільськогосподарськими машини та комбайнами під час виконання операцій портфелю проектів на визначених земельних ділянках.

Бібліографічний список

1. Тимочко В.О., Падюка Р.І. Можливості використання систем автоматизації управління проектами для умов сільськогосподарського виробництва. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. 3/3 (63). С. 26-28.
2. Завадський І.О. Основи баз даних: Навч. посіб. К. : Видавець І.О. Завадський, 2011. 192 с.

METHOD AND AUTOMATED TOOLS FOR NON-DESTRUCTIVE QUALITY CONTROL OF ELECTRICALLY CONDUCTIVE OBJECTS IN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX.

Vyacheslav Chaplyha, DSc., Lviv National Environmental University

Jan Minister, Ph.D., VSB - Technical University of Ostrava

Volodymyr Chaplyha, Ivan Franko National University of Lviv

Abstract. The article proposed method use the eddy-current transducer with a rotating multifrequency magnetic excitation field and digital three-dimensional processing of recorded signals in a robotic system for non-destructive quality control of parts and assemblies made of electrically conductive materials. This makes it possible to increase the reliability of detecting defects and the information content of assessing their parameters due to the volumetric localization of the rotating magnetic field of excitation in the object, followed by the use of pattern recognition algorithms.

Keywords: methods, automated tools, non-destructive quality control, electrically conductive object, eddy-current transducer, agro-industrial complex.

Digital transformations in all sectors of the agro-industrial complex are causing the intensification of the use of robotic technological objects of production processes. This increases the requirements for their reliability, maximizing uptime, which requires real-time non-destructive testing (NDT) of the state of elements and components at all stages of their life cycle.

In existing NDT systems, the eddy current method is widely used and probes with a rotating magnetic field are used [1-4]. To increase the information content and reliability of the NDT, is proposed to localize the exciting magnetic field in the azimuthal plane. In this case, an azimuthal inhomogeneity of the magnetic field is formed, which rotates in space and scans the controlled surface of the technological object unit. Inhomogeneity and localization of the field is achieved by selecting the phases of the n harmonics of the quadrature multifrequency field of excitation, which are superimposed in space and rotate synchronously.

According to the technique proposed by us in [5], the control reliability is increased due to the localization of the rotating magnetic field of excitation. This is achieved by exciting n harmonics with $2n$ quadrature generators in n field windings, which consist of $4n$ sections. In this method of multifrequency sensing of the material of a technological object, an azimuthal inhomogeneity of a rotating electromagnetic field is formed with a narrow direction and a bell-shaped

amplitude distribution in the scanning plane. In this case, a rigid binding of the angular position of the maximum of the azimuthal inhomogeneity field to the time axis is realized. Multifrequency allows to determine the depth of defects, and the binding to the time axis of the angular position of the maximum of the rotating field of the azimuthal inhomogeneity makes it possible to determine the angular coordinates, length and orientation in space of the defect with uniform movement of the probe along a given trajectory in the plane. This significantly increases the reliability and information content of non-destructive testing. "The informative signal recorded by the probe is cyclical. Therefore, it is proposed to use the in-phase summation of the informative signal and its averaging over N periods. This will increase the signal-to-noise ratio of the resulting signal by a factor of \sqrt{N} . But there are also systematic errors that decrease in multipolar measurements, when the direction of the magnetic induction of the excitation field of the probe changes twice per period, which creates a multipolar information field in the measuring coil of the probe.

When registering the information field and subsequent digital processing of the signal, a result will be obtained with increased reliability and information content of the NDT of the nodes of technological objects of the agro-industrial complex made of electrically conductive materials.

The automated system is a robotic unit for moving the probe over the object under study, as well as an eddy current channel with a high-speed interface for connecting to desktop and laptop PCs with specialized software.

The proposed system is designed to increase the information content, accuracy, reliability, speed, cost-effectiveness of diagnostics and control of defects in electrical units of technological objects of the agro-industrial complex.

References

1. Pritulyak Ya.G., Zastavny O.M. The concept of prompting vortex room tomography. Collection of materials of the international scientific coordination people "Information problems of computer systems, jurisprudence, energy, economics, modeling and management" (ICSM-2014). Ternopil: TNEU, 2014. P. 82-85.
2. Goldstein AE, Kalganov SA et al. Identification of physical parameters of conducting objects using the excitation of different-frequency spatial components of the magnetic field. Flaw detection. No. 2. 1990. P. 72-77.
3. Dubasov, VM Improvement of the system of non-destructive quality control of products / VM Dubasov, AV Vakhrushev // Resource-saving technologies of production and processing of materials by pressure in mechanical engineering. No 3 (32). 2020. P. 35-44.
4. García-Mart J. Non-Destructive Techniques Based on Eddy Current Testing. Sensors. V. 11, 2011. P. 2525-2565.
5. Gulyaev V.A., Chaplyga V.M., Pritulyak Ya.G. Electrical scanning method for non-destructive testing of electrically conductive products. AC SU 1820314 A1. 1983.

Section 4. Project management.

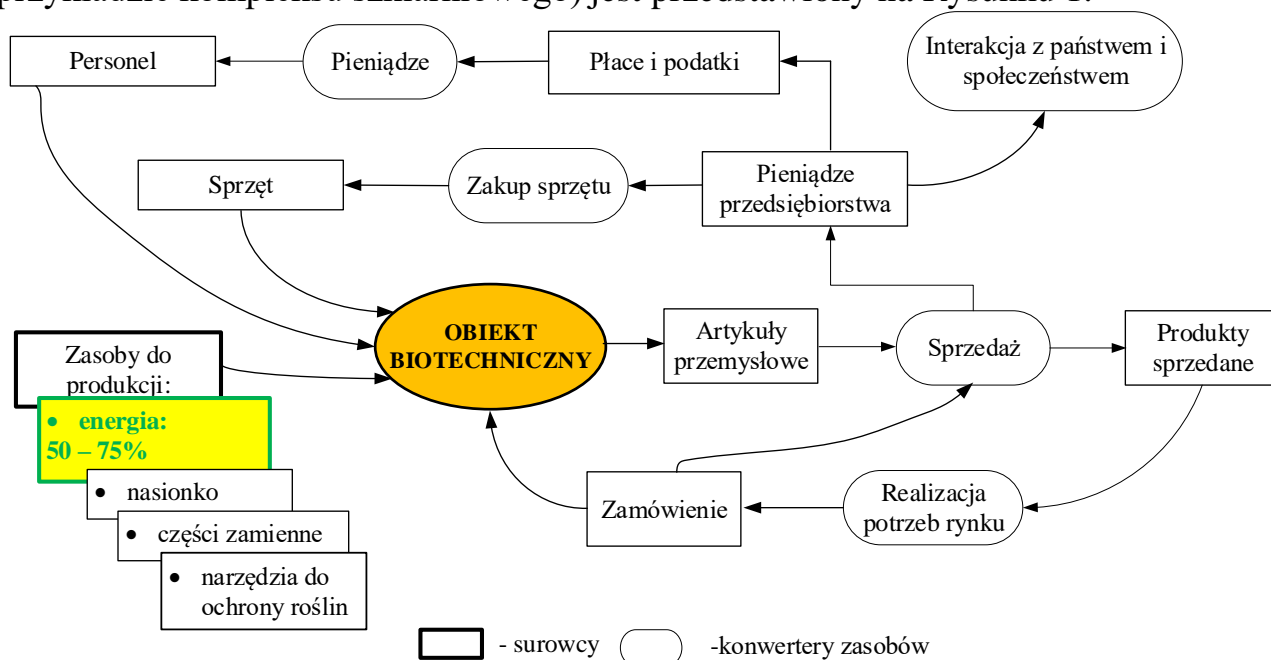
KONCEPCJA ZARZĄDZANIA SYSTEMEM ORGANIZACYJNO- TECHNICZNYM PRZY OBECNOŚCI ZAPLECZA BIOTECHNICZNEGO

V. Reshetiuk, Dr inż.

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Nowoczesny kompleks technologiczny (NKT), w skład którego wchodzi obiekty biotechniczne (zespół szklarniowy, drób przemysłowy) – to złożony system zarządzania organizacyjno-technicznego, obejmujący wielowymiarowe zestawy wzajemnie powiązanych i oddziałujących na siebie parametrów technologicznych w przestrzeni i czasie na poziomie szklarni, high-tech oraz wsparcie techniczne procesu produkcyjnego, zasobów ludzkich i metod decyzyjnych, które tworzą jego właściwości integracyjne i współdziałają w celu osiągnięcia maksymalnego rezultatu, wyrażającego się w maksymalizacji kosztu kapitału.

NKT jako system organizacyjno-techniczny transformacji zasobów (na przykładzie kompleksu szklarniowego) jest przedstawiony na Rysunku 1.



Rys. 1. Nowoczesny kompleks technologiczny jako system organizacyjno-techniczny transformacji zasobów (na przykładzie kompleksu szklarniowego)

Ponadto NKT jest strukturą produkcyjną zależną energetycznie (zużycie gazu ziemnego, energii elektrycznej, które w koszcie produkcji wynosi 50 – 75%), co w dzisiejszym środowisku ciągłych zmian cen na rynkach energii wymaga nowych koncepcji i podejść do ich zrównoważonego rozwoju. A to z kolei ma zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe państwa.

Jako wskaźnik efektywności energetycznej (WEE) NKT powinien być stosowany bezpośredni wskaźnik WEE (α) - czyli zależność ilościową między mocą wyjściową (C) a wejściowym poziomem zużycia energii (R):

$$\alpha = C \cdot R^{-1}$$

Kryteria zarządzania zostaną sformułowane w następujący sposób:

$$\min[C(t) - C_0], \quad \max[\alpha(t)]$$

z następującymi ograniczeniami:

$$\alpha(t) \geq \alpha_0, \quad Q(t) \geq Q_0,$$

gdzie: $\alpha(t), C(t), Q(t)$ - aktualne wartości WEE, ilość i jakość produktów.

Jednostką produkcyjną NKT jest szklarnia przemysłowa (czyli kurnik przemysłowy), która z punktu widzenia biotechnicznego obiektu gospodarowania charakteryzuje się:

- ✓ obecnością dużej liczby połączonych ze sobą podsystemów o różnej naturze fizycznej w procesie wzrostu obiektu biologicznego;
- ✓ brakiem wystarczających informacji ilościowych o stanie fizjologicznym obiektu biologicznego;
- ✓ znaczną nieliniowością charakterystyk elementów systemu.

Przy szybkiej zmianie różnych sytuacji zarządzanie takimi systemami pod wpływem dużej liczby czynników zewnętrznych i wewnętrznych jest zadaniem niezwykle trudnym, gdyż konieczne jest szybkie podejmowanie decyzji zarządczych w niepewności, niestabilności cen surowców energetycznych, skutkującej sytuacjami nienormalnymi. Istniejąca teoria i praktyka zarządzania NKT wykorzystuje głównie metody kontroli scentralizowanej (głównie wskaźniki energetyczne i finansowe) w połączeniu z lokalnymi automatycznymi regulatorami parametrów technologicznych na poziomie warsztatu.

Na tej podstawie jednym ze sposobów zarządzania organizacyjnego NKT, który byłby właściwy do zastosowania, jest zarządzanie sytuacyjne – czyli zarządzanie oparte na panujących faktach i okolicznościach, które można przedstawić jako zbiór wskaźników NKT, organizacji jego systemu zarządzania i środowiska jego istnienia.

Głównymi wskaźnikami bilansującymi działalność NKT są rozwiązania takich zadań jak:

- możliwość wykorzystania alternatywnych źródeł energii,
- prognozowanie zmian na rynku energii i ocena skutków decyzji,
- retrospektywna analiza jego stanu,
- niezmienny monitoring technologiczny produkcji,
- inteligentna obsługa klientów,
- analiza decyzyjna i prognoza sytuacji gospodarczej i politycznej za granicą za pomocą specjalnego modelowania, prognostycznych modeli kalkulacyjnych i sposobów rozwiązywania problemów optymalizacyjnych.

Można to osiągnąć podczas Czwartej Rewolucji Przemysłowej, wykorzystując cyfrowe duplikaty, które łączą Internet Rzeczy, roboty, sztuczną inteligencję i automatyzację.

Ustalono, że podejmowanie decyzji w zarządzaniu procesem uprawy warzyw jest zadaniem trudnym i wymaga szczegółowego zbadania zarówno przedmiotu zarządzania, jak i metod zwiększających efektywność produkcji.

Rozważamy ogólną technologię sterowania złożonymi systemami dynamicznymi. Technologia to zestaw metod, operacji, technik, których konsekwentne wdrażanie zapewnia rozwiązanie problemu. Należy zauważyć, że omówiona poniżej technologia sterowania obejmuje wszystkie etapy, począwszy od budowy modelu procesu i systemu, a skończywszy na analizie skuteczności wdrożenia wyników modelowania.

Pierwszy etap - budowa modelu - polega na formalnym opisie systemu rzeczywistego, tj. określeniu składu i struktury systemu, funkcji celu oraz zbioru dopuszczalnych działań sterujących systemem. Na tym etapie zasadniczo wykorzystywany jest aparat teorii gier, w ramach którego w rzeczywistości zwykle formułuje się model.

Etap drugi - analiza modelu - badanie parametrów systemu pod pewnymi mechanizmami kontrolnymi. Np. przeprowadzono badanie analityczne dla obiektu biotechnicznego (szklarnia pomidorowa), które ujawniło słabe i silne powiązania między podsystemami. W zakresie badań biologicznego komponentu systemu, aktywny eksperyment pełnoczynnikowy pozwolił określić zestaw parametrów mikroklimatu w szklarni, które zapewnią optymalny wzrost roślin i maksymalną intensywność fotosyntezy.

Po rozwiązaniu problemu analizy, czyli posiadania informacji o zachowaniu się obiektu sterowania przy różnych sterowaniach, możemy przejść do *trzeciego etapu* - rozwiązania najpierw problemu sterowania bezpośredniego, czyli problemu syntezy optymalnych działań sterowania, które jest znalezienie prawidłowych kontroli maksymalnej wydajności, a po drugie odwrotne zadanie zarządzania - znalezienie zestawu poprawnych rozwiązań, które wprowadzają system w dany stan.

Kryterium skuteczności sterowania jest wartość (maksymalna lub gwarantowana) funkcji celu rozwiązania sterującego spośród zbioru działań sterujących. Zatem dla badanego układu proponuje się zastosowanie redukcji wielu kryteriów lokalnych do jednej funkcji celu metodą wykorzystującą uogólnioną funkcję pożądalności zaproponowaną przez E. Harringtona, którą można opisać równaniem iloczynów niesprzecznych:

$$F(x) = \prod_{k=1}^s f_k(x)^{\lambda_k} \rightarrow \max, \quad (1.1)$$

gdzie lokalne kryteria f_k to przyrost masy roślin poprzez fotosyntezę, zużycie energii na ogrzewanie powietrza w szklarni i wentylację, koszt CO₂ do odżywiania roślin, oraz λ_k - współczynnik wagowy, który

$$\lambda_k \geq 0, \sum_{k=1}^s \lambda_k = 1.$$

Należy zauważyć, że z reguły ten etap rozwiązywania problemu sterowania powoduje największe trudności teoretyczne i najbardziej czasochłonny z punktu widzenia badacza.

Czwarty etap - badanie stabilności rozwiązań problemów sterowania: pierwszy - badanie zależności rozwiązań optymalnych od parametrów modelu; drugi to teoretyczne studium adekwatności modelu do systemu rzeczywistego. Wynikiem rozwiązania problemu adekwatności jest uogólnione rozwiązanie problemu sterowania - parametryczny zestaw działań, które mają określoną gwarantowaną

skuteczność w konkretnym systemie rzeczywistym i są przechowywane w bazie danych systemu.

Te cztery etapy obejmują ogólne teoretyczne studium modelu systemu. W celu wykorzystania wyników badań teoretycznych w zarządzaniu systemem rzeczywistym konieczne jest dostosowanie modelu, czyli zidentyfikowanie systemu symulowanego i przeprowadzenie serii eksperymentów symulacyjnych - odpowiednio *etap piąty i szósty*. Dane wyjściowe do identyfikacji systemu są rozwiązaniami uogólnionymi, które są ograniczone dostępnymi informacjami o rzeczywistym systemie. Informacja ta jest zbiorem danych o konkretnym systemie i jest zawarta w bazie danych, która pozwala szybko uzyskać wymagany zbiór danych o systemie i wybrać akcje sterujące w trybie rzeczywistym czas.

Końcowy jest *etap siódmy* - etap wdrożeniowy, podczas którego następuje bezpośrednie wdrożenie do rzeczywistego systemu mechanizmów zarządzania wypracowanych i zbadanych w poprzednich etapach wraz z dalszą oceną skuteczności ich praktycznego wykorzystania, korektą modeli itp.

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТІВ ЗАГОТІВЛІ СИРОВИНИ

*А.М. Тригуба¹, д.т.н., професор, Н.Я. Коваль², ад'юнкт,
А.В. Татомир, к.т.н., І.Л. Тригуба¹, к.с-г.н.*

¹*Львівський національний університет природокористування*

²*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Abstract. It is substantiated that informational support for management decisions should be accompanied by the implementation of five interrelated stages. The specified stages systematically ensure the formation of effective operational plans for the procurement of food raw materials in the territory of the community.

Keywords: information support, decision-making, hybrid projects, procurement, raw materials.

Функціонування запропонованої СППР забезпечує підтримку прийняття рішень під час оперативного планування реалізації гібридних проєктів заготівлі продовольчої сировини (ГПЗСГ). При цьому підтримка управлінських рішень повинна супроводжуватися на підставі виконання п'яти взаємопов'язаних етапів (рис. 1), які системно забезпечують формування ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Наявна множина даних стосовно кількості господарств виробників продовольчої сировини (N_{fi}), у яких здійснюється її заготівля на території громади для подальшої переробки у цеху, обсягів заготівлі продовольчої сировини у окремих господарствах (Q_j), наявних ресурсів (R_m) для заготівлі продовольчої сировини, кліматичні умови (C_c) у період заготівлі продовольчої сировини.

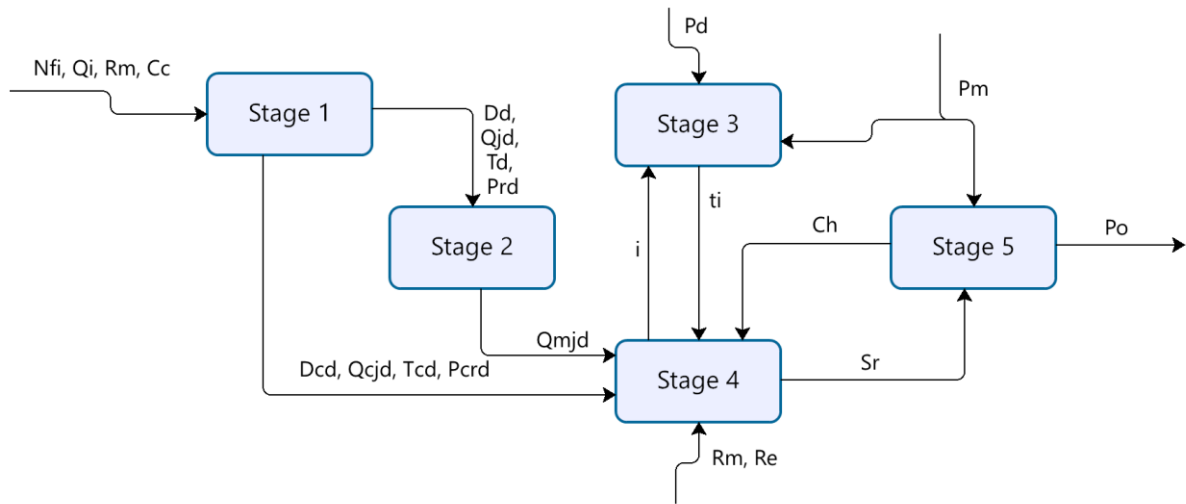


Рис. 1. Схема процесу формування ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади

У результаті виконання першого етапу (Stage 1) для кожного із господарств виробників продовольчої сировини, у яких здійснюється її заготівля на території громади, отримують множину історичних підготовлених даних для обґрунтування моделі прогнозування сезонних обсягів надходження цієї сировини. До них належать дата (D_d) у розрізі окремих діб, а також для кожної d -ї доби обсяги надходження продовольчої сировини (Q_{jd}) із j -го господарств у d -у добу, а також для кожної із d -х діб кількісне значення середньодобової температури (T_d) та тиску (P_{rd}), які відображають дані природно-кліматичних умов громади.

Дані на початок кожної d -ї доби щодо обсягів надходження продовольчої сировини (Q_{jd}) подають окремі господарства. Досить часто, із різних причин (відсутність доступу до мережі Internet, відсутність електроенергії, не внесення у базу даних відповідальними особами) такі дані вчасно із окремих j -х господарств у d -у добу не надходять, що потребує виконання прогнозування обсягів заготівлі продовольчої сировини для цих господарств на поточну добу. Для цього виконується наступний етап (Stage 2) функціонування запропонованої СППР. У результаті виконання зазначеного етапу здійснюється заповнення пропущених даних щодо обсягів надходження продовольчої сировини (Q_{jd}^m) на поточну d -у добу.

У результаті виконання першого етапу (Stage 1) отримують для поточної d -ї доби підготовлені дані щодо обсягів надходження продовольчої сировини (Q_{jd}^c) із j -го господарств, а також кількісне значення середньодобової температури (T_d^c) та тиску (P_{rd}^c), які відображають дані природно-кліматичних умов громади. Вони, разом із прогнозованими даними, отримані на другому етапі (Stage 2), що стосуються заповнених пропущених даних щодо обсягів

надходження продовольчої сировини (Q_{jd}^m) на поточну d -у добу, формують вхідні дані для виконання четвертого етапу (Stage 4) – визначення раціонального сценарію виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. Попри те, для виконання цього етапу слід забезпечити виконання третього етапу (Stage 3), що передбачає кількісне оцінення складових виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. Цей етап забезпечує отримання знань щодо тривалості (t_i) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини для виробничих умов території громади. Також для цього етапу задаються дані щодо доступних ресурсів (R_m) та режимів (R_e) заготівлі продовольчої сировини на території громади. На підставі цих даних уточнюється інформація (i) на етапі Stage 3 стосовно складових тривалості виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. Виконання Stage 3 здійснюється із залученням осіб, що приймають рішення (P_d) та проводять моніторинг і оцінку потрібних знань.

У результаті виконання Stage 4 отримують раціональний сценарій (s_r) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади. При цьому виконується оцінка альтернативних сценаріїв виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини за множиною критеріїв, а також вибір з-поміж них раціонального (s_{ro}), як аргумента функції $K_n(s_{ro})$.

Результати Stage 4 лежать в основі виконання п'ятого етапу (Stage 5), що передбачає оцінення ефективності оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади. Для цього етапу залучаються знання проектних менеджерів (P_m). У результаті зазначеного етапу отримуються узгоджені оперативні плани (P_o) заготівлі продовольчої сировини на території громади, або ж потреба у їх змінах (C_h) та поверненні до виконання Stage 4 та визначення раціонального сценарію (s_r) виконання робіт із заготівлі продовольчої сировини на території громади із запропонованими змінами.

Встановлено, що функціонування запропонованої СППР забезпечує підтримку прийняття рішень під час оперативного планування реалізації гібридних проектів заготівлі продовольчої сировини на території сільських громад. Обґрунтовано, що підтримка управлінських рішень повинна супроводжуватися на підставі виконання п'яти взаємопов'язаних етапів (рис. 1), які системно забезпечують формування ефективних оперативних планів заготівлі продовольчої сировини на території громади.

Бібліографічний список

1. Tryhuba A., Ratushny R., Tryhuba I., Koval N., Androshchuk I. [The Model of Projects Creation of the Fire Extinguishing Systems in Community Territories](#). *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*. Vol. 68, No. 2, 2020, pp. 419-431. <https://doi.org/10.11118/actaun202068020419>

2. Tryhuba A., Tryhuba I., Bashynsky O., Kondysiuk I., Koval N., Bondarchuk L., Conceptual Model of Management of Technologically Integrated Industry Development Projects. *IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2020*, IEEE, Lviv, 2020, pp. 155–158. doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321903.
3. Koval N., Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Rudynets M., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. *3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop, MoMLLeT and DS 2021, CEUR Workshop Proceedings 2917*, Lviv, 2021, pp. 196–206.
4. Tryhuba A., Boyarchuk V., Koval N., Tryhuba I., Boiarchuk O., Pavlikha N. Risk-adapted model of the lifecycle of the technologically integrated programs of dairy cattle breeding. *IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2021*, IEEE, Lviv, 2021, pp. 307–310. doi: [10.1109/CSIT52700.2021.9648672](https://doi.org/10.1109/CSIT52700.2021.9648672).

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЕКТАХ ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ

П. М. Луб¹, к.т.н., Р. І. Падюка¹, к.т.н., В. Ю. Станько², к.е.н.

Л. М. Остафінська² викладач, Т. В. Пісак², викладач

¹Львівський національний університет природокористування

²ВСП «Стрийський фаховий коледж Львівського НУП»

Abstract. The components of the value formation of crop harvesting projects are revealed. Emphasis is placed on the fact that the management of the content of technological systems development projects requires specialized information and analytical systems that take into account the peculiarities of the production industry. The grounds for the simulation methods usage to assess the projects are given. The role of information technology and computer experiments for the decision support of the projects in the agro-industrial complex is identified.

Keywords: information technology, monitoring and information processing, simulation, decision support, project management, efficiency.

Впровадження проектів розвитку технологічних систем (ТС) АПК та виконання робіт у них відбувається в результаті наперед запланованих дій. Оцінення ефективності цих дій та їх змісту потребує використання спеціалізованих інформаційно-аналітичних систем, що враховують особливості виробничої галузі. Одним із важливих завдань такого планування є врахування інформаційною системою впливу зовнішнього та внутрішнього середовища на ефективність реалізації відповідних проектів, доступ та керованість

інформаційними ресурсами, адекватне оцінення ефективності управлінських рішень тощо.

Аналогічні завдання виникають і під час реалізації проектів розвитку ТС збирання врожаю сільськогосподарських культур в АПК, що потребує розвитку та застосування програмних засобів та інформаційних ресурсів для підтримки прийняття рішень як під час сезонного виробництва так і під час управління проектами їх розвитку. Загальновідомо, що проекти виникають, існують і розвиваються в зовнішньому середовищі, а структура проекту змінюється впродовж його реалізації. Зокрема, у ньому можуть з'являтися нові елементи (об'єкти) і зникати існуючі, однак зв'язки між цими елементами завжди присутні. Така особливість проектів вимагає динамічного опрацювання інформації, її лаконічне трактування та розробку рекомендацій щодо прийняття рішень із управління проектами, а відтак застосування інформаційних технологій що включають елементи моніторингу, моделювання, опрацювання результатів та наглядне їх трактування.

Згідно із положеннями загальної теорії систем дослідження складних виробничих систем необхідно виконувати із використанням методів імітаційного моделювання. Однак інформаційні системи, що включають вбудовані інструменти для моделювання технологічних чи виробничих систем передбачають декілька послідовних етапів: 1) формулювання мети моделювання; 2) створення концептуальної моделі; 3) підготовка початкових даних; 4) розроблення математичної моделі; 5) вибір методу моделювання; 6) вибір засобів моделювання; 7) розроблення програмної моделі; 8) перевірка адекватності та коригування моделі; 9) планування комп'ютерних експериментів з моделлю; 10) виконання моделювання; 11) аналіз результатів моделювання та обґрунтування рішень.

Отже, для вирішення таких завдань виконують виробничі спостереження та комп'ютерні експерименти. Зокрема, використовують методи системно-подієвого аналізу та синтезу, виробничих спостережень і статистичного імітаційного моделювання, логічного аналізу, метод ітерацій, статистичного та кореляційно-регресійного оцінення експериментальних даних, графоаналітичного та логічного аналізу тощо.

Використовуючи блок моделювання роботи технологічної системи, що є складовою інформаційної системи, виконують перевірку висунутих гіпотез за отриманими емпіричними даними, встановлюють їх взаємозв'язків та оцінення коефіцієнтів кореляції і кореляційних відношень. Це дає змогу врахувати імовірнісний вплив складових проектного середовища (агрометеорологічної та біологічно-предметної) на своєчасність проектів ТС у відповідній статистичній імітаційній моделі. Зокрема, це врахування повинне відбуватися на основі відображення сукупного впливу усіх складових, що визначають темпи робіт у проектах. Такий підхід дає змогу застосовувати статистичне імітаційне моделювання, отримати достовірні результати дослідження та встановити

статистичні закономірності зміни функціональних показників ефективності, а також обґрунтувати рішення щодо реалізації процесів управління проектами. Загальна схема алгоритму цієї методики наведена на рисунку.

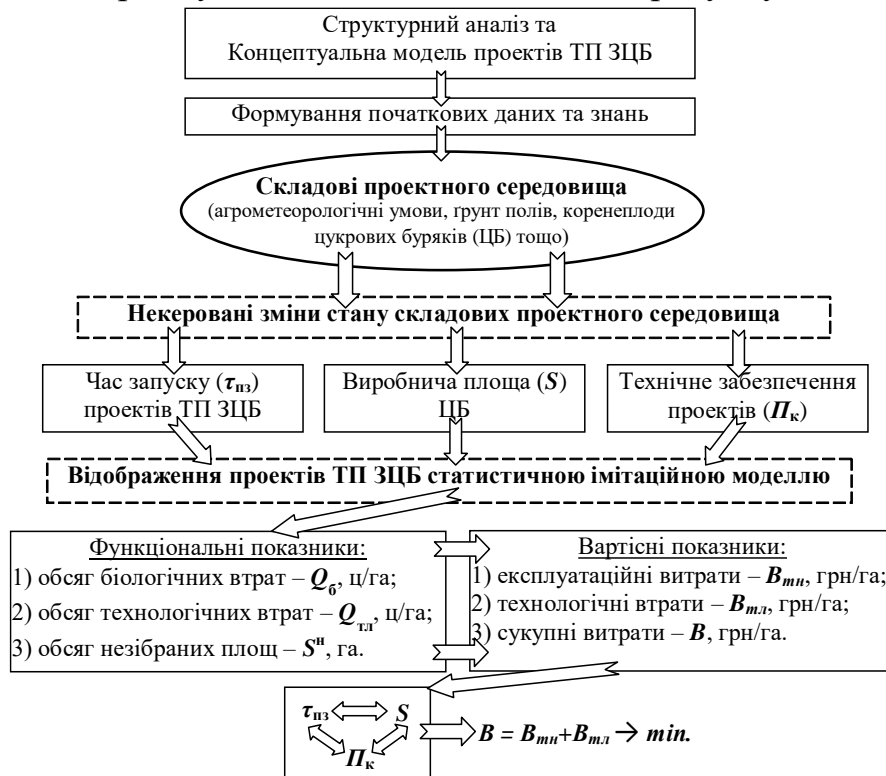


Рис. Узагальнена схема алгоритму роботи інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень у проектах збирання врожаю

Потреба застосування методів статистичного імітаційного моделювання в інформаційно-аналітичній системі проектів розвитку ТС зумовлена потребою врахування

ймовірного впливу проектного середовища (агrometeorологічної та біологічно-предметної складових) на терміни виконання робіт та, зокрема, їх своєчасність.

Таким чином, включення блоку моделювання в інформаційну систему дає змогу обґрунтувати управлінські рішення щодо розвитку технологічних систем завдяки встановленим закономірностям зміни функціональних показників і оціненню витрат у проектах.

АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ РОБІТ У ПРОЕКТАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

П. М. Луб¹, к.т.н., В. І. Косарчин¹, к.ф.-м.н.

В. І. Спічак², к.т.н., Р. А. Опейда² викладач

¹Львівський національний університет природокористування

²Володимир-Волинський агротехнічний коледж

Abstract. The current state of IT involvement in the production and economic activity of agro-industrial complex enterprises is analyzed. The advantages of using IT during decision-making in agricultural production are given. The types of work and tasks that can be solved with the help of modern information systems are listed. An analysis of individual information systems that are available for use in agribusiness is provided.

Keywords: information technology, software, management, agricultural production, decision support, efficiency.

Розвиток інформаційних технологій (ІТ) у виробничих формуваннях України набуває дедалі глибшого значення та більшого масштабу водночас. Слід також зазначити, що це є одним із головних чинників модернізації АПК держави та стимулювання його інвестиційного наповнення. В практичному застосуванні сучасні інформаційні ресурси дають змогу вирішувати величезну кількість завдань, які виникають перед кожним сільськогосподарським підприємством в ринкових умовах.

Досвід успішних підприємств як нашої країни так і інших держав вказує на те, що ІТ необхідні для масштабування сільськогосподарського виробництва, віддаленого моніторингу і контролю робіт, їх планування, корегування та оцінення ефективності загалом, що власне і створює передумови для більш продуктивного просування виробленої продукції. Водночас споживачі, працівники та власники сільськогосподарських підприємств демонструють інтерес до ведення своєї діяльності із використанням сучасних технологій та Інтернету, що дає змогу знаходити нові рішення щодо співпраці. Сьогодні ІТ широко використовуються в агробізнесі для вирішення широкого спектру завдань – оптимізації виробництва, моніторингу стану сільськогосподарських угідь, технічного переоснащення парку рілних машин, автоматизації виробництва та управління підприємством, підвищення його продуктивності, контролю якості продукції тощо.

Для ведення своєї діяльності та просування агропродукції користувачі сьогодні використовують програмні засоби як закордонного так і вітчизняного виробництва. За їх допомогою формують звітні показники, розраховують і порівнюють їх із аналогічними за попередні періоди, візуально відображають

позитивну чи негативну динаміку, корегують зміст та своєчасність технологічних процесів із вирощування культур тощо. Значне поширення цих програмних засобів підтверджує їх переваги для супроводу та прийняття управлінських рішень як для стратегічних так і тактичних завдань. Слід також підкреслити значне поширення та переваги мобільних додатків і смартфонів у користувачів, що формує нові можливості з питань підтримки, супроводу, відстеження, нагадування, попередження та контролю робіт. За допомогою мобільних додатків уся необхідна інформація знаходиться безпосередньо у працівника у будь-якому місці та будь-який час. Поява цих технологій у сфері агрономії призводить не тільки до вдосконалення самої діяльності, а й до виникнення нових професій та спеціальностей, які є досить актуальними на ринку праці.

Аналіз доступних інформаційних сервісів для ведення сільськогосподарської діяльності переконує в досить широкому виборі таких інструментів в Україні. Зокрема платформа Geopard Agriculture розкриває доступ до даних моніторингу: культури (каталог знімків за 30 років, індекси вегетації); урожайності (автоматичне створення зон урожайності); стану ґрунту (аналіз ґрунтових даних); топографії (топографічні моделі та мапи); надає передову аналітику (фактор гетерогенності поля, індекс відносної зміни, порівняння шарів, тощо); VRA мапи та експорт (синхронізація карт врожайності та зон родючості, VRA карти); API (двонаправлена синхронізація даних).

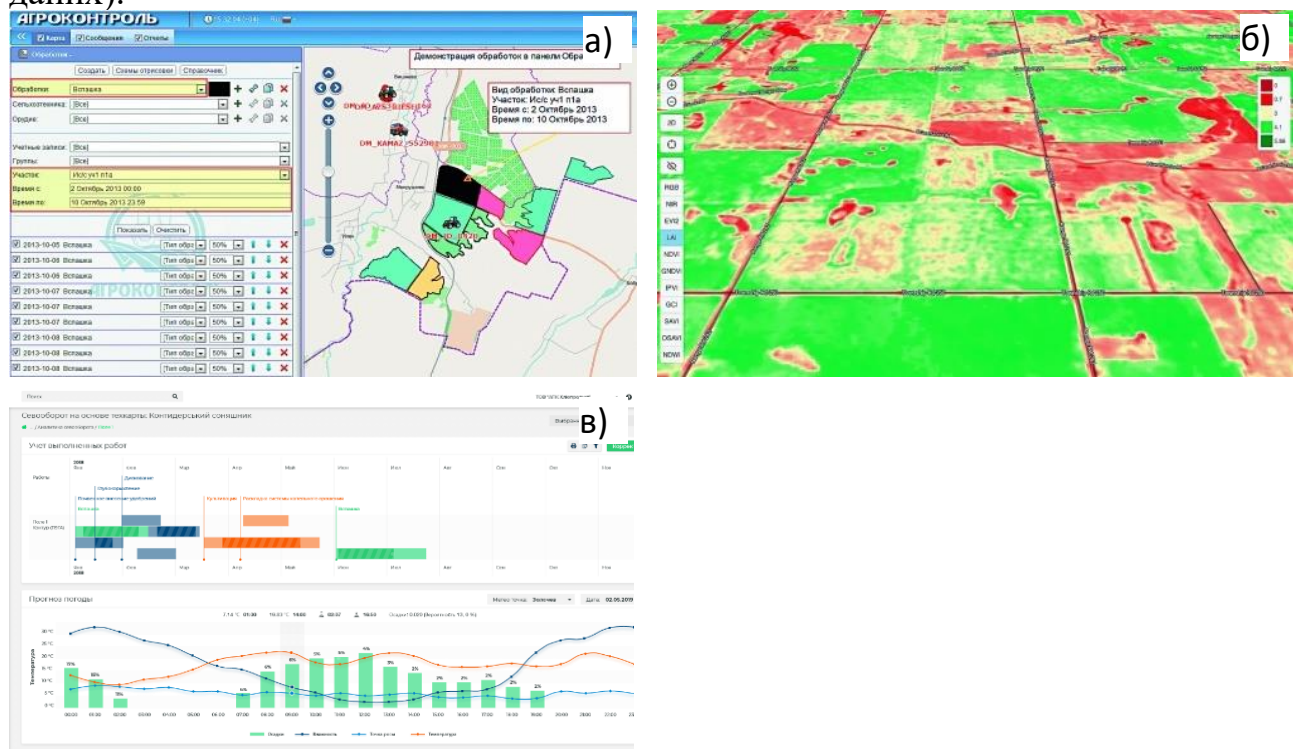


Рис. Сучасні ІТ рішення для супроводу виробничої діяльності АПК:
 а) Geopard Agriculture; б) Агроконтроль; в) AgroOnline

Такі ж функції реалізовує інформаційний сервіс «Агроконтроль», а також – GPS моніторинг за технікою, контроль палива та техніки,

підключення до CAN-шини, встановлення різноманітних датчиків на техніку, підключення до антен сигналу GPS, автоматичну ідентифікацію водія, автоматичне формування шляхових листів, встановлення «міток» для ідентифікації навісного/причіпного обладнання, встановлення метеостанцій техніці тощо.

Ресурс AgroOnline скерований на контроль відносин із пайовиками, оцінку потенціалу поля (грунтова, економічна та кліматична), складський облік та керування залишками, планування виробництва, автоматизацію роботи інженерної служби, блок точного землеробства, блок агрономії і контролю рослин, фінансову аналітику та електронний документообіг тощо.

До переліку інформаційних сервісів, що скеровані на підтримку діяльності сільськогосподарських підприємств також слід віднести – Vkursi Zemli, Agro BI, Agri Finance, TopAgro, Winstars technology, МЕТЕОТРЕК та багато інших.

АЛГОРИТМ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

*А. М. Тригуба¹, д.т.н., професор, А. Р. Ратушний², здобувач,
М. В. Рудинець³, к.т.н., доцент, В. І. Федорчук-Мороз³, к.т.н., доцент*

¹Львівський національний університет природокористування

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

³Луцький національний технічний університет

Анотація. Розроблено алгоритм та програмне забезпечення для обґрунтування раціональної конфігурації систем безпеки територіальних громад на мові Python 3.6. Вони перевірені на адекватність за парним t-критерієм, забезпечують пришвидшене прийняття управлінських рішень щодо визначення місця розташування пожежно-рятувального формування для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від надзвичайних ситуацій та визначення ефективних сценаріїв реалізації проектів розвитку громадських територіальних систем безпеки.

Ключові слова: алгоритм, програмне забезпечення, конфігурація, система, безпека, громада.

З метою пришвидшеного прийняття управлінських рішень щодо визначення місця розташування ПРФ для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від НС розроблено програмне забезпечення на мові Python 3.6 (рис. 1).

Запропоноване програмне забезпечення базується на обґрунтованому алгоритмі. У основі зазначеного алгоритму лежать розроблена концептуальна модель управління ПРТСБ та запропонований метод ініціації проектів розвитку ТСБ.

Рис. 1. Вікна програмного забезпечення для обґрунтування місця розташування ПРФ для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від НС

Вони передбачають вибір населених пунктів для реалізації пріоритетного проекту розвитку ТСБ елементарної системи заданої адміністративної території за критерієм мінімального сумарного рівня незахищеності від НС їх пунктів. Блок-схема алгоритму (див. рис. Д.1, додаток Д) та програмне забезпечення для обґрунтування місця розташування ПРФ для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від НС передбачають виконання 16 кроків.

Запропоноване програмне забезпечення обґрунтування місця розташування ПРФ для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від НС передбачає розгляд різних варіантів сценаріїв територіального розташування ПРФ на території адміністративного району. Їх кількість залежить від кількості населених пунктів на території адміністративного району.

Для використання цього програмного забезпечення насамперед формують елементарні системи із найбільшою незахищеністю від НС заданої адміністративної області. Початковими даними для обґрунтування місця розташування ПРФ є кількість населених пунктів, чисельність жителів у кожному із них, а також віддалі між населеними пунктами елементарної системи заданої адміністративної території.

У результаті виконання розрахунків отримується список ранжованих у порядку спадання $(M_{R_{ni}^k})$ кількісних значень сумарних рівнів незахищеності від НС пунктів $(R_{i,j}^k)$ за різних сценаріїв територіального розташування ПРФ у i -х населених пунктах елементарної системи заданої адміністративної території.

Цей список можна вивести у зовнішній файл. У вікні програмного забезпечення виводиться назва населеного пункту, де слід розташувати ПРФ для елементарних систем, а також кількісне значення найбільшої незахищеності від НС.

Розроблене програмне забезпечення обґрунтування місця розташування ПРФ для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від НС перевірена на адекватність за парним t -критерієм. Зокрема, перевірку на адекватність проводили для умов Радехівського району Львівської області. На території зазначеного адміністративного району діють 21 державна пожежно-рятувальна частина (м. Радехів) та 51-ий державний пожежно-рятувальний пост ГУ ДСНС України у Львівській області (рис. 2).

На підставі проведених розрахунків із використанням розробленого програмне забезпечення встановлено, що на території Радехівського району Львівської області слід додатково розташувати ПРФ у с. Сморгів, що забезпечить зниження максимального сумарного рівня незахищеності від НС пунктів (R_{ni}^k) від 976 хв до 328 хв.

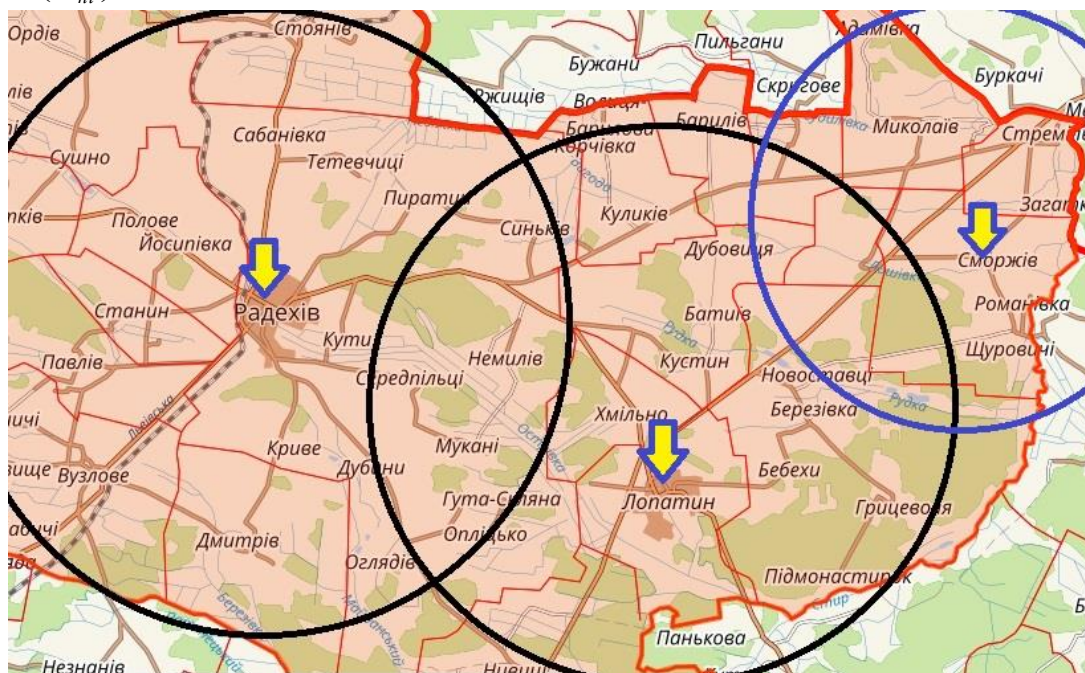


Рис. 2. Схема розташування об'єктів захисту від НС Радехівського району Львівської області

Для перевірки на адекватність програмного забезпечення обґрунтування місця розташування ПРФ для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від НС порівнювали кількісні значення тривалості прибуття спецпідрозділів до місця ліквідації НС, які отримано на підставі виробничих та комп'ютерних експериментів, які отримано у результаті використання розробленого програмного забезпечення. При цьому виробничі експерименти проведено у діючому 51-му державному пожежно-рятувальному пості ГУ ДСНС України у Львівській області. Початкові дані для перевірки програмного

забезпечення обґрунтування місця розташування ПРФ для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від НС на адекватність подано у табл. 1.

Табл. 1. Початкові дані для перевірки програмного забезпечення обґрунтування місця розташування ПРФ для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від НС на адекватність

Варіант прибуття спецпідрозділів до місця ліквідації НС	Тривалість прибуття спецпідрозділів до місця ліквідації НС, хв		Різниця ($x_{2n} - x_{1n}$)
	Виробничий експеримент, x_{1n}	Комп'ютерний експеримент, x_{2n}	
1	2	3	4
1	16,4	17,2	0,8
2	20,3	19,9	-0,4
3	26,1	25,2	-0,9
4	12,5	13	0,5
5	12,9	13,5	0,6
6	7,2	6,9	-0,3
7	15,4	16,1	0,7
8	8,6	8,2	-0,4

У результаті перевірки зазначеного програмного забезпечення на адекватність встановлено, що експериментальні та змодельовані значення тривалостей прибуття спецпідрозділів до місця ліквідації НС відхиляють у межах допустимих значень. Зокрема, тривалість прибуття спецпідрозділів до місця ліквідації НС визначена на підставі розрахунку із використанням розробленого програмного забезпечення та отриманих експериментальних їх значень не перевищує 5%. Це свідчить про адекватність розробленого програмного забезпечення обґрунтування місця розташування ПРФ для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від НС.

Розроблене програмне забезпечення на мові *Python 3.6*, які перевірені на адекватність за парним *t*-критерієм, забезпечують пришвидшене прийняття управлінських рішень щодо визначення місця розташування пожежно-рятувального формування для елементарних систем із найбільшою незахищеністю від надзвичайних ситуацій та визначення ефективних сценаріїв реалізації проектів розвитку громадських територіальних систем безпеки.

Бібліографічний список

1. Development and Usage of a Computer Model of Evaluating the Scenarios of Projects for the Creation of Fire Fighting Systems of Rural Communities / Ratushny R., Tryhuba A., Bashynsky O., Ptashnyk V. // The XI-th International Scientific and Practical Conference «Electronics and Information Technologies» (ELIT-2019), September 16-18, 2019, Lviv, Ukraine, pp. 34–39.

2. Substantiating the effectiveness of projects for the construction of dual systems of fire suppression / Ratushnyi R., Khmel P., Tryhuba A., Martyn E., Prydatko O. // Eastern-european Journal of Enterprise Technologies: Control Processes. Vol 4, no 3 (100). 2019. p. 46-53.
3. Identification of firefighting system configuration of rural settlements / Tryhuba A., Ratushnyi R., Bashynsky O., Shcherbachenko O. // Fire and Environmental Safety Engineering. MATEC Web Conf. Volume 247 (FESE 2018).
4. Tryguba A. Scientific and methodological grounds for investigating the connections in fire extinguishing systems of the united territorial communities / A. Tryguba, R. Ratushny, O. Shcherbachenko // *Przedsiębiorczość i zarządzanie : Bezpieczeństwo zintegrowane współczesnej Polski*. Warszawa, Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk, Tom XIX, Zeszyt 2, Część 3. 2018. ss. 153–166.

Section 5.

Information technologies of economic and ecological assessment of projects and systems in energy and agro-industrial complex.

ENERGY CLUSTERS – TECHNICAL, LEGAL AND ECONOMIC CONDITIONS IN POLAND

T. Bakoń, PhD

Warsaw University of Life Sciences (SGGW), Poland

Abstract. The energy cluster has a limited territorial scope, therefore the goals of the clusters are defined based on local needs. However, their impact may extend beyond the area of the cluster itself, contributing positively to the development of a given and neighbouring areas. There are several dozen economic initiatives related to energy clusters in Poland.

Keywords: energy clusters, energy systems, local energy

The goal of energy clusters is primarily the development of distributed energy. They enable the use of local resources and the potential of domestic energy. They favour the implementation of the latest technologies where they are useful and profitable. Energy clusters are of local importance and their goals are locally defined, among the most frequently set goals for clusters are:

- generation of electricity and heat based on conventional fuels (including cogeneration, i.e. simultaneous generation of electricity and heat, or tri-generation additionally with the production of cold),
- generation of electricity and heat from various renewable energy sources,
- production of gaseous and liquid fuels,
- using the energy potential of local water courses and other forces of nature,
- distribution of electricity, heat and fuels within its own distribution system,
- sale of energy or fuels to end users at attractive prices,
- production and distribution or sale of cold,
- storage of energy or its carriers,
- improving energy security,
- increasing the energy efficiency of the economy in a given area,
- increasing the share of renewable energy sources in production and their better use,
- limiting or eliminating the purchase of energy from outside the cluster area,
- connection of local dispersed energy sources in the area of the cluster into a local system together with local energy storage,
- improvement of the quality of supplied energy and minimization of interruptions in its supply,

- reduction of energy prices (both electricity and heat),
- management and/or energy use of waste generated in the cluster (agricultural, domestic, forest and other),
- use of waste heat,
- improvement of air quality by reducing dust emissions,
- development of low-emission transport,
- activation of the society in order to pro-energy and pro-ecological activities,
- creating new jobs,
- economic development of the region, including, above all, highly innovative.

As can be seen from the above examples, the impact of an energy cluster can, and in most cases, go beyond just energy alone. In order for the energy cluster to bring the expected benefits, it should cooperate with the National Power System. This cooperation may, in particular, concern energy distribution, which will be based on cooperation with the operators of the existing distribution systems. Within the cluster, it is also possible to expand the existing distribution network.

An energy cluster can be described as an agreement of locally operating entities involved in the production, consumption, storage and sale of: electricity, heat, cooling and electricity in transport (fuels). The energy cluster was introduced to the Polish legal system by the Act of June 22, 2016 amending the Act on renewable energy sources and certain other acts (Journal of Laws, item 925) [1]. The formula of the cluster is flexible enough to allow participants to build an individualized business model of the cluster's operation and to optimally choose the legal form of its activity. Cluster members do not have to resign from their activities, but through cooperation - wherever it brings them and other cluster members benefits, they generate added value for the local community. Joining or disconnecting from a cluster may or may not seriously affect the activities of other members.

The development of energy clusters in Poland is not as fast as in other European Union countries, therefore initiatives are taken to support the development of energy clusters in Poland. On February 25, 2022, the Government Legislation Centre announced a draft amendment to the RES Act. The project provides, inter alia, development of energy communities such as clusters.

Energy clusters can be of great help in the development of self-sufficient local energy in Poland, provided that legal conditions are favourable to it. Examples from other countries show that it is possible. First of all, they can contribute to a significant reduction in energy transport and increase power security.

References

1. Ministry of Energy, *Energy Clusters - it is worth knowing more*, information materials
2. Collective work commissioned by the Minister of Energy, *Concept of energy clusters in Poland*, 2016

3. *Act on Renewable Energy Sources*, Journal of Laws of 2015, item 478 as amended, consolidated text 23/06/2022
4. Bakoń T., *Polish energy clusters as a way to increase energy efficiency*, elektro.info 9/2022, pp. 24-28

OPTIMIZATION OF THE BIOENERGY SYSTEM STRUCTURE BY APPLYING ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING

H. Syrotyuk¹, Ph.D., S. Syrotyuk¹, PhD, R. Konieczny², DSc,

A. Radomska-Zalas², PhD, G. Wałowski³, DSc,

¹Lviv National Environmental University

²The Jacob of Paradies University, Poland

³Institute of Technology and Life Sciences-National Research Institute, Poland

Abstract. Optimization of the structure of bioenergy systems was carried out on the basis of an economic-mathematical model. The developed model is based on a linear programming problem. Minimization of the given costs was chosen as the criterion for optimization of the problem. It is proposed to take into account the environmental criterion in addition to the economic and energy criteria for the assessment of energy efficiency.

Keywords: economic-mathematical model, bioenergy system, efficiency, payback period.

Today, application of the economic and mathematical modeling (EMM) for studying and optimization of the structure of energy systems, particularly bioenergy ones, is especially relevant. The type of economic and mathematical modeling depends on the system character and on tasks of the research. In general terms, the mathematical model of the system includes description of a set of possible conditions of the last and the law of transition from one condition to another (the law of functioning).

A correct mathematical model can be built only after comprehending the existing limits, relations and the goal, when the reliable information is available, and the process of modeling is accurate [1]. The model provides for the relevant and scientifically substantiated auxiliary material for making adequate decisions.

The economic and mathematical model of bioenergy systems consists of:

- independent variables of factors;
- a system of irregularities of the limits by each kind of energy, price of equipment, installation and exploitation of it;
- free members, which reflect the demand for different kinds of energy, resources and financial capacity of the enterprise to purchase the corresponding size of power equipment;
- a minimized objective function (minimum reduced costs).

One should consider the fact that not all kinds of energy are of equal value, i.e. the highest quality of energy is provided by the electric power, whilst the lowest – by the low-temperature thermal one. To substantiate the structure of power supply for

the enterprise it is necessary to agree the power supply for technological operations with consideration of the kinds of energy used for them. The main load on the system of power supply is carried by the renewable local energy resources that contribute to improvement of energy independence, etc.

For optimization of technical equipment of the power system of an enterprise depending on the structure of its consumption, production specialization and other factors, the researchers developed methodology for elaboration of a multifactorial EMM which is based on the task of linear programming. Indicators of reduced costs are taken as an integral parameter.

The total reduced costs are the cell of an optimized objective function which shows the amount of reduced costs by all kinds of energy, resources and power equipment.

The objective function looks as follows:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M X_{i,j} \cdot q_{i,j} \cdot C_{i,j} \rightarrow \min, \quad (1)$$

where N and M – number of the kinds of equipment and energy (resources) respectively;

$C_{i,j}$ – costs of j kind of energy (resources), produced by i type of equipment.

Assessment of the economic efficiency of the developed system of power supply for the enterprise is made referring to the payback period of capital investments with consideration of the discounting of money flows and the dynamics of changes of the power medium tariffs.

The efficiency of power supply by using the renewable energy resources is assessed not only by the economic and power criteria, but also by ecological ones, which are reflected in the consolidated indicator, namely prevention of CO₂ emissions in the air as compared to the technologies using fossil fuels [2].

The volume of prevented emissions of CO₂ can be shown by the following formula:

$$M = \frac{0,351 \cdot W_{el}^y \cdot 44}{12} = 1,287 \cdot W_{el}^y. \quad (2)$$

The value of the ecological indicator of the CO₂ emission prevention is described by the formula

$$B_{CO_2} = \sum M \cdot U_{CO_2}, \quad (3)$$

where U_{CO_2} - price of quotas for CO₂ emissions, UAH/kg.

The ecological indicator of efficiency is important in terms of possible motivation of energy consumers to use renewable sources of energy.

Hence, application of the methods of economic and mathematical modeling is one of the most promising directions of economic studies which provide for both assessing the process quality, and substantiating the quantity estimation of the bioenergy system operation.

References

1. Vovk V. M. Mathematical methods of researching operations in economic and production systems: Monograph. Lviv: Ivan Franko LNU Publishing Center, 2006. 622 p.
2. National cadastre of anthropogenic emissions from sources and absorption by sinks of greenhouse gases <https://mepr.gov.ua/content/nacionalniy-kadastr-antropogennih-vikidiv-iz-dzherel-ta-absorbicii-poglinachami-parnikovih-gaziv.html> (access date: 14.09.2022).

ВІРТУАЛЬНИЙ ЗАСІБ РЕАБІЛІТАЦІЇ ХВОРИХ ОБЛІТЕРУЮЧИМ АТЕРОСКЛЕРОЗОМ СУДИН КІНЦІВОК НА ОСНОВІ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ LabVIEW

О. В. Луса¹, к.т.н., доцент, А.-В. В. Мідик² старший фронтенд розробник
¹Львівський національний університет природокористування
²Компанія «Relevant Software»

Abstract. A virtual device that combines the functions of an electrocardiograph and an electromyostimulator, and is based on the LabVIEW platform, which is a system engineering software for applications that require testing, measurement and monitoring with fast access to software and data analysis, is proposed and investigated. The development of a virtual tool for measuring the heart rate and synchronized delivery of an electrical stimulation signal to the muscles of the patient's problem area was carried out. The issue of using the multifunctional USB device DAQ USB 6008/6009 from National Instruments for this purpose is under consideration.

Keywords: cyber-physical rehabilitation systems, virtual device, graphic platform LabVIEW.

Хвороби серцево-судинної патології в Україні посідають перше місце в структурі хворіб. Найчастіше причиною захворювань є вікові зміни, звички людини: куріння, брак фізичної активності, нездорове харчування. При захворюваннях артерій нижніх кінцівок, реабілітація і рухові вправи значно ускладнені.

В Україні реабілітацію таких хворих здійснюють проведенням фізіотерапевтичної процедури, що полягає на поданні імпульсів електричної напруги (струму) на два електроди, щільно накладені на вражене місце кінцівки, на протязі певного часу. Призначають дію синусоїдальними модульованими струмами (ампліпульстерапія) [2]. Проте, при використанні даного способу і пристрою для його реалізації не досягають реабілітації хворих. Справа у тому, що доволі жорстко дотримувані параметри струму при проведенні процедури не враховують конкретного стану пацієнта: його оцінюють за усередненими показниками. Крім того, не враховують реальне значення пульсу пацієнта в період проведення процедури.

Нами запропоновано і досліджено спосіб реабілітації пацієнта із облітеруючим атеросклерозом, що базується на проведенні фізіотерапевтичної процедури, зміст якої полягає на поданні імпульсів електричної напруги (струму) на два електроди, щільно накладені на вражене місце кінцівки, на протязі певного часу. Для отримання реабілітаційного ефекту здійснюється автоматичне сканування пульсу або частоти надходження крові до кінцівки з одночасним відтворенням прийнятої частоти таким чином, щоб прихід кожної конкретної хвилі природнього кровотоку на хвору ділянку кінцівки співпадав у часі з поданням імпульсу на дану ділянку, а тривалість імпульсу відповідала тривалості проходження хвилі крові через пошкоджену ділянку, причому тривалість фізіотерапевтичної процедури визначають експериментально за покращенням індексу брахіального тиску гомілкостопного суглоба, обмежуючи досягненням відчутних, відносно незначних змін прохідності за зміною температури кінцівки, а загальну тривалість низки процедур та їх повторюваність визначають станом пацієнта та покращенням кровопостачання кінцівки. Для встановлення стану кровопостачання кінцівки використовують комплексний метод, базований на залученні сенсорів тиску, температури, маси крові, що наповнює кінцівку, тощо.

Для отримання даних змінного у часі ритму роботи серця і правильного встановлення моменту надходження хвилі крові до кінцівки використовують смарт-сенсор зі сталою інерції, меншою ніж 0,05 періоду серцебиття, а для генерування імпульсу – смарт-актуатор з такою самою сталою інерції, причому смарт-сенсор встановлюють на кінцівці вище за кровотоком на відстані 5-50 см від місця встановлення смарт-актуатора. Попередньо визначивши необхідні параметри для генерованих сигналів, сформували структурну схему побудованого пристрою. Для визначення моменту надходження хвилі артеріального тиску крові запропоновано залучити термістор, спроможний швидко відчувати досить незначні коливання температури при щільному притисканні до шкіри ноги. Схема підключення термістора до вимірювального блоку віртуального приладу подана на рис.1.



Рис. 1. Схема підключення термістора до блоку вимірювання та управління блоку NI USB-6009.

Для реабілітації пацієнтів з облітеруючим атеросклерозом на основі програмно-апаратної платформи LabVIEW [2] розроблено віртуальний пристрій, що поєднує функції електрокардіографа (для визначення частоти серцевих скорочень) і електроміостимулятора (для м'язового посилення

артеріального кровотоку, з урахуванням частоти серцевих скорочень). Так як він дає змогу сканувати роботу серця, то при зміні частоти його роботи відстежує ці зміни і його вихідні сигнали на електроди, прикладені до м'язів саме в момент проходження кожної поточної хвилі кровообігу, що сприяє покращенню прохідності судин і досягнення реабілітаційного ефекту.

Бібліографічний список

1. Hans-Peter Halvorsen Data Acquisition in LabVIEW N-3918 Porsgrunn, Norway
Telemark University College
https://www.academia.edu/25303149/Data_Acquisition_in_LabVIEW
2. Papadakis M., McPhee S., Rabow M., Current medical diagnosis & treatment, Series: Lange medical book, McGraw Hill Medical, N.Y., 2019.

ORGANIZERS AND PARTNERS



WARSAW
UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES



University of Agriculture in Krakow



The Jacob of Paradies University



Ondokuz Mayıs University



Асоціація «Енергоефективні міста України»



GREEN
WEST
NEW AGE OF TECHNOLOGIES

● geoteplo



POWER
NEEDS CONTROL

Spline

KRIPTER
SYSTEM SOLUTION



Наукове видання

**Інформаційні технології в енергетиці
та агропромисловому комплексі**

Матеріали
XI Міжнародної наукової конференції
04-06 жовтня 2022 р.

Адреси для листування:
80381, Україна, Львівська обл., Львівський район, м. Дубляни, вул. В. Великого, 1
E-mail: itea@lnau.edu.ua
Сайт конференції: <http://www.itea.lnup.edu.ua/>

© ЛНУП, 2022